Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

**«Cerramientos y trazas de montea»
de Ginés Martínez de Aranda**

Tesis Doctoral
José Calvo López
Arquitecto Superior
1999

*Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid*

«Cerramientos y trazas de montea» de Ginés Martínez de Aranda

*Tesis doctoral presentada por el Arquitecto Superior José Calvo López
bajo la dirección del Doctor Arquitecto Enrique Rabasa Díaz
1999*

Tribunal nombrado por el Mgfco. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad
Politécnica de Madrid, el día de de

Presidente D.

Vocal D.

Vocal D.

Vocal D.

Secretario D.

Realizado el acto de lectura y defensa de la Tesis el día de
..... de

en

Calificación:

EL PRESIDENTE

EL SECRETARIO

LOS VOCALES

© José Calvo López, 1999.

Tomo I

ESTUDIO PRELIMINAR

ÍNDICE GENERAL

TOMO I

<i>RESUMEN</i>	<i>xiii</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>xv</i>
ESTUDIO PRELIMINAR	1
<i>INTRODUCCIÓN</i>	3
Materiales y métodos	7
Resultados y discusión	11
<i>GINÉS MARTÍNEZ DE ARANDA, ARQUITECTO Y MAESTRO DE CANTERÍA</i>	17
Baeza	18
Castillo de Locubín	22
Alcalá la Real	28
Cádiz	40
Santiago de Compostela	51
De nuevo en Castillo de Locubín	66
Descendientes y discípulos	71
<i>EL MANUSCRITO</i>	77
Los textos de cantería del Renacimiento	77
El cuaderno del Servicio Histórico Militar	87
La autoría del original y de la copia	91
La fecha del manuscrito	95
El contenido y estructura del manuscrito	97
El léxico y la redacción de Aranda	102
El destino del manuscrito original	107
La foliación y ordenación de la copia	108
Los poseedores posteriores del manuscrito	111
Aranda y los textos de cantería de la época barroca	112
<i>INSTRUMENTOS Y MÉTODOS DE TRAZA</i>	117
La escala y el soporte	117
Las casas de la traza	127
La cuerda	130
La vara de medir, la galga y el compás de espesores	132
El compás de aparejador	134
La escuadra y el cartabón	136
El trazador y el almagre	139
Modelos	140
Construcción de bisectrices y perpendiculares	148
Trazado de paralelas	152
Construcción de arcos y círculos	153
Construcción de elipses y óvalos	156
La rectificación de la circunferencia	165
Desarrollo de curvas alabeadas	166
División de segmentos en dos o más partes	168
División de círculos y construcción de polígonos regulares	170
División de arcos cualesquiera y mixtilíneos	173
Cambios de escala y transformaciones geométricas	174
Abatimientos	178

La economía de los trazados	181
El germen de un sistema de representación.....	183
Euclides y la estereotomía.....	193
<i>INSTRUMENTOS Y MÉTODOS DE LABRA</i>	197
La regla y la escuadra como instrumentos de labra.....	197
La cercha.....	199
Baiveles y saltarreglas.....	201
Plantillas	205
El pico, el cincel y la escoda	213
Los útiles de asiento y las estructuras provisionales	216
Labra por robos.....	219
Labra por robos y saltarreglas	226
Labra por robos y plantas	230
Labra por plantas y saltarreglas o baiveles	235
Labra por plantas	240
Labra de caras desarrollables.....	242
Labra de caras alabeadas	247
La evolución de los métodos de traza y labra	252
Economías en el transporte y precisión en la labra	258
<i>OTRA LECTURA DE VITRUVIO</i>	263
Antiguos y venideros	264
La tradición medieval de la cantería.....	271
El renacimiento de la ciencia.....	283
Arquitectura práctica y especulativa.....	299
Diseño, dirección y ejecución.....	313
Geometría experimental	321
Didáctica	328
Una parte principal de la Arquitectura	338

TOMO II

TEXTO COMENTADO

AL LECTOR.....	7
Que cosa es traza.....	10
<i>PRIMERA PARTE</i>	17
Difinition primera muestra bajar arcos grandes con pequeños y subir pequeños con grandes.....	17
Difinition segunda muestra bajar circunferencias grandes con pequeñas y subir pequeñas con grandes	20
Difinition tercera muestra extender y encoger arcos sobre un viaje.....	22
Difinition cuarta muestra extender arcos sobre una circunferencia.....	27
Difinition quinta muestra restribar los arcos y darles sus gruesos	28
Arco viaje contra cuadrado por testa.....	41
Arco disminuido por testa	45
Arco viaje contra viaje por testa	48
Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos.....	54
Arco en viaje contra cuadrado por lado y por plantas al justo.....	60
Arco viaje contra cuadrado por lado fuera de simetría.....	65
Arco viaje contra viaje por cara por plantas y por robos	67
Arco viaje contra viaje por cara y por plantas	76
Arco viaje contra viaje por cara fuera de simetría	82
Arco disminuido y dividido en dos.....	84

Arco en torre redonda contra cuadrado.....	87
Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por testa.....	91
Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por cara.....	92
Arco en torre cavada contra cuadrado	95
Arco en torre cavada contra cuadrado en viaje por testa	99
Arco en torre cavada contra cuadrado en viaje por cara	100
Arco en torre cavada contra torre redonda	102
Arco en torre cavada contra torre redonda disminuido	106
Arco en torre cavada contra torre redonda en viaje por cara	108
Arco abocinado	109
Arco abocinado en viaje por testa.....	113
Arco abocinado viaje por cara	118
Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada.....	121
Arco capialzado por robos.....	125
Arco capialzado por plantas	128
Arco capialzado en viaje por testa.....	132
Arco capialzado en viaje por cara	135
Arco por arista en la cara	138
Arco por arista en la cara en viaje.....	140
Arco avanzado en bóveda.....	142
Arco avanzado en viaje por testa.....	148
Arco avanzado en bóveda viaje por cara	151
Arco avanzado en talus plano.....	154
Arco avanzado en talus plano en viaje por testa.....	157
Arco avanzado en talus plano en viaje por cara.....	159
Arco en talus escarpado	161
Arco en talus escarpado viaje por testa	163
Arco en talus escarpado viaje por cara	165
Arco en vuelta de horno por testa	167
Arco en vuelta de horno por testa y en viaje por la dicha testa	171
Arco en vuelta de horno por testa viaje por cara	172
Arco en vuelta de horno por cara	174
Arco desquijado en la cara	177
Arco desquijado en la cara disminuido.....	179
Arco desquijado en la cara y en viaje por la dicha cara.....	182
Arco por esquina y por rincón	185
Arco por esquina y por rincón de lados y ángulos desiguales	192
Arco por esquina y por rincón capialzado	194
Arco por esquina y por rincón abocinado	198
Arco por esquina y por rincón desquijado.....	201
Arco capialzado hacia la menor subida por robos	203
Arco capialzado hacia la menor subida por plantas.....	206
Arco de rincón de caustria	209
Arco en rincón de caustria en bóvedas desiguales	214
Arco de rincón de caustria por plantas	217
Arco en rincón de claustría de lados y ángulos desiguales y plantas al justo.....	220
Arco diagonal por rincón.....	223
Arco diagonal por rincón de lados desiguales	225
Arco diagonal por esquina	227
Arco diagonal por esquina de lados desiguales.....	229

Arco por esquina contra cuadrado por lado	230
Arco por rincón contra cuadrado por lado	231
Arco por esquina contra viaje por lado	232
Arco por rincón contra viaje por lado	237
Arco abocinado en torre cavada	240
Arco en torre cavada abocinado en viaje por cara y por testa	248
Arco abocinado en torre redonda	253
Arco en torre redonda abocinado en viaje por cara y por testa	255
Corredor volado sin columnas formado de arcos por arista por robos	258
Corredor volado sin columnas formado de arcos avanzados	260

TOMO III

<i>SEGUNDA PARTE</i>	5
Difinition primera muestra entrar bolsos en cuadrado y robarlos así por cuadrado como por circunferencia	9
Difinition segunda muestra extender línea concurriente y sacar saltarregla perpendicular	12
Difinition tercera muestra sacar arcos en segmento menor de círculo sobre una línea concurriente	12
Capialzado cuadrado a regla	13
Capialzado viaje por testa a regla	18
Capialzado viaje por testa a regla diferente del pasado	21
Capialzado viaje por cara a regla	24
Puerta cuadrada a regla	27
Puerta viaje por testa a regla	30
Puerta de arco contra capialzado a regla	32
Capialzado cuadrado a regla en torre redonda	34
Capialzado cuadrado a regla en torre redonda diferente del pasado	39
Capialzado viaje por testa en torre redonda a regla	42
Capialzado viaje por cara a regla en torre redonda	44
Puerta en torre cavada contra capialzado en torre redonda a regla	47
Capialzado cuadrado en torre cavada a regla	51
Capialzado en torre cavada viaje por testa a regla	55
Capialzado viaje por cara en torre cavada a regla	57
Puerta en torre redonda contra capialzado en torre cavada a regla	59
Capialzado desquijado cuadrado	62
Capialzado desquijado viaje por testa	70
Capialzado desquijado viaje por cara	74
Capialzado desquijado con sus despiezos	76
Capialzado abocinado en vuelta con sus despiezos	81
Capialzado abocinado en vuelta en torre redonda	87
Capialzado abocinado en vuelta en torre cavada	90
Capialzado de arco contra el dintel	94
Capialzado desquijado de arco contra dintel	97
Capialzado desquijado en cercha por la cara	99
Capialzado oval	101
Puerta cuadrada a regla contra capialzado cuadrado desquijado de arco	105
Puerta en viaje a regla contra capialzado desquijado viaje por testa	107
Puerta cuadrada de arco contra capialzado cuadrado desquijado de arco	110
Puerta de arco en viaje contra capialzado viaje por testa desquijado de arco	112
Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda	114

Capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre redonda	120
Capialzado viaje por cara desquijado de arco en torre redonda	123
Puerta en torre cavada contra capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda.....	126
Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre cavada.....	130
Capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre cavada.....	133
Capialzado en viaje por cara desquijado de arco en torre cavada.....	136
Puerta en torre redonda contra capialzado cuadrado desquijado de arco en torre cavada.....	138
Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa	141
Capialzado viaje por testa en vuelta de horno por testa.....	147
Capialzado viaje por cara en vuelta de horno por testa	151
Capialzado cuadrado avanzado por testa	155
Capialzado viaje por testa avanzado por testa	159
Capialzado viaje por cara avanzado por testa.....	161
Capialzado por rincón para una puerta por esquina	163
Puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de Arco	167
Puerta por esquina de arco contra capialzado por rincón de arco.....	171
Puerta por esquina capialzada de arco contra capialzado por rincón de arco	173
Capialzado por esquina para una puerta por rincón	176
Puerta por rincón a regla contra capialzado por esquina de arco	178
<i>TERCERA PARTE</i>	181
Difinition primera muestra extender circunferencias concurrientes llanas y en vuelta de horno	181
Difinition segunda muestra extender molduras concurrientes fuera de su cuadrado.....	183
Difinition tercera muestra sacar enganchados por línea concurriente	185
Difinition cuarta muestra entrar en cuadrado y robar cualquiera manera de despiezo que se hiciere en un paso de caracol v escalera en plano o en circunferencia.....	187
Caracol de husillo.....	191
Caracol de husillo de dos subidas.....	196
Caracol en vuelta que dicen vía de san Gil de bóveda concurriente alrededor de un macho redondo de hiladas concurrientes.....	200
Caracol en vuelta en circunferencia de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo	205
Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla de hiladas concurrientes alrededor de un macho Redondo	208
Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo.....	212
Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo de dos subidas	215
Caracol exento alrededor de un macho redondo capialzado en circunferencia	217
Caracol exento alrededor de un macho redondo capialzado en circunferencia de dos subidas	221
Caracol de ojo que dicen de Mallorca	223
Caracol de ojo redondo de dos subidas	228
CONCLUSIONES	231
Un saber en evolución	233
Un saber de Oc-cidente.....	238
Un saber complejo	245
TRANSCRIPCIÓN LITERAL.....	255
GLOSARIO	313
BIBLIOGRAFÍA.....	359

RESUMEN

El arquitecto y cantero Ginés Martínez de Aranda (1556-1620) compuso alrededor de 1600 un manuscrito llamado *Cerramientos y trazas de montea* y dedicado casi exclusivamente al problema del despiece de piezas de cantería; se conservan las partes de la obra que tratan de arcos, capialzados y escaleras de caracol, con un breve proemio donde Aranda expone sus intenciones, el papel de este saber en la Arquitectura y su concepción de la profesión de arquitecto.

La Tesis estudia tanto los procedimientos concretos de trazado y labra que se exponen en el cuerpo de la obra como las reflexiones sobre arquitectura y cantería del prólogo. El **Estudio preliminar** trata la biografía de Aranda, el manuscrito en sí, los instrumentos y métodos de trazado y labra, y las cuestiones planteadas por el proemio, mientras que el **Texto comentado** pasa revista detallada a cada una de las *difinitiones* y *trazas* en las que se divide el texto.

Esto permite analizar las aportaciones originales de Aranda, como la primera aparición en los textos de los arcos *capialzados* y *en vuelta de horno* y las agrupaciones de arcos o *corredores*; el tratamiento sistemático del «*biais passé*», los arcos *abocinados*, *en torre* y *avanzados*; una larga serie de capialzados, incluyendo versiones primitivas de los tres célebres arquetipos franceses, el de Marsella, el de Montpellier y el de San Antonio; y la primera aparición en la literatura de la cantería de las escaleras de dos subidas. A la vista de estas aportaciones de Aranda, consideramos que no se puede seguir sosteniendo la visión de la cantería del Renacimiento hispánico como un saber estático y exclusivamente empírico.

Tampoco se puede negar la influencia francesa en los maestros hispánicos, pero las influencias se dan en los dos sentidos. Los arcos *por esquina* y *rincón* y los lunetos aparecen en España antes que en Francia; los tres célebres capialzados aparecen en Aranda antes que en la tratadística francesa. La regla de cálculo de estribos expuesta por Aranda, basada en la proyección horizontal del tercio del desarrollo del intradós, será adoptada por Derand, Blondel, Milliet-Dechales y De La Rue. La generalización del método de construcción de elipses de De L'Orme para obtener semielipses peraltadas a partir de semicírculos y el empleo por Aranda de arcos de sección semielíptica peraltada es un antecedente de la obra de Frézier.

La obsesión por el empleo de plantillas en la labra lleva a Aranda a emplearlas en *trazas* de intradós alabeado, solución que reaparece en Frézier. Otra fijación de Aranda es la de obtener figuras regulares en las embocaduras; para ello generaliza el método de Cristóbal de Rojas para arcos esviados, basado en abatimientos sobre rectas horizontales oblicuas al plano del alzado; dará un paso pequeño pero muy significativo al obtener la *cimbria* en semielipse peraltada de estos arcos, lo que prefigura soluciones de Desargues y Frézier.

El saber de Aranda tiene indudablemente raíces medievales que se manifiestan en puntos como los instrumentos de labra, la práctica de los trazados a tamaño natural sobre el suelo, que no se abandona porque proporciona una exactitud que los dibujos a escala no pueden garantizar, o la proyección ortogonal, que Aranda

aplica tomando medidas indistintamente de un alzado que después se proyecta contra un plano oblicuo o del desarrollo del mismo plano oblicuo según le interese igualar las juntas de testa u obtener una representación en verdadera magnitud de la cara de intradós. También es tradicional una idea expresada con firmeza por Aranda: el arquitecto precisa de una formación que sólo puede ofrecer la práctica y el conocimiento directo de los oficios.

Pero al mismo tiempo se percibe claramente que esta formación no es suficiente para el arquitecto de finales del siglo XVI, que necesita dominar también los saberes vitruvianos. El mundo del Renacimiento aporta nuevos instrumentos, contenidos y problemas que van a transformar completamente este saber tradicional por la completa renovación del catálogo de *trazas* a principios del siglo XVI; ya no se trata de poner en práctica un proceso constructivo que asegura por sí mismo la coherencia de la pieza resultante, sino de invertir la situación y disponer de un proceso suficientemente flexible como para permitir la realización de una forma concebida previamente, **pre-vista**. También es típicamente renacentista la decisión de ofrecer los textos de cantería a un público amplio o reducido, porque crea una nueva categoría de conocimiento que no se encuadra en las «artes mecánicas» medievales y se acerca a las artes liberales.

La ciencia desempeña un papel central en este saber renovado; en especial la geometría sigue estando presente en los trazados generales en planta, permite sofisticados diseños de elementos de detalle, forma el núcleo central de estereotomía y la construcción pétrea renacentista, e incluso resuelve problemas de diseño estructural. Ahora bien, los tratados de cantería del siglo XVI emplean directamente un número muy corto de proposiciones euclidianas; lo que sí se toma de los *Elementos* es la notación y la voluntad de sistema. Pero el subsistema de la cantería es parte del sistema, aún más complejo, de la arquitectura. Una *parte principal*, como dice Aranda, pero no única, complementaria del lenguaje de los órdenes y no alternativa a éstos. La relación entre *trazas de monte* y renovación estilística es bidireccional; la experimentación geométrica y constructiva va unida a la libertad formal, al menos en España y Francia.

A la vista de lo expuesto, creemos que no se puede mantener la visión de la cantería hispánica del siglo XVI como una práctica medieval y retardataria, sino como un saber estructurado por principios vitruvianos como el del conocimiento de todas las ciencias o la dualidad entre «fabrica» y «ratiocinatio», que no renuncia a lo que encuentra útil en la tradición constructiva medieval sino que busca potenciarlo con la geometría euclídea; un saber puesto al servicio del repertorio formal renacentista, que no se encierra en el compartimento estanco de la práctica constructiva ni se concibe con un carácter meramente instrumental, sino que permite y alimenta un experimentalismo formal que acabará dando lugar a la «Arquitectura oblicua», justificando la obra de Caramuel y en cierto modo la de Guarini, desempeñando un papel relevante en la arquitectura barroca.

AGRADECIMIENTOS

El personal de las salas «Goya» y «Cervantes» de la Biblioteca Nacional de Madrid, el del Archivo General de Simancas y el Archivo Histórico Provincial de Jaén y, muy especialmente, el de la Biblioteca del Servicio Histórico Militar me atendieron con amabilidad y me ofrecieron facilidades para desarrollar mi trabajo.

Lázaro Gila tuvo la gentileza de recibirme en su casa granadina, responder a mis preguntas y hacerme llegar varios artículos. Santiago Huerta me entregó cordialmente una copia de su tesis doctoral y me dió a conocer datos acerca de las reglas del tercio del desarrollo y del cuarto de la luz. Jesús Zafra comentó con cortesía pero con agudeza mis dibujos. Alfonso Muñoz discutió conmigo en Roma acerca de arquitectura recta y oblicua. Clara Calvo y Antonio Martínez Ripoll leyeron varios capítulos de este trabajo y me hicieron llegar su opinión.

José Manuel Izquierdo, y muy especialmente Isabel del Rey, me permitieron realizar algunos desplazamientos necesarios para asistir a cursos o entrevistas sin los cuales este trabajo no hubiera sido posible. José Muñoz Malo y su familia, María Iniesta, y Vicente Cervera y María Dolores López me brindaron su hospitalidad durante algunos de los viajes que exigió la Tesis, o más bien a los que sirvió de excusa.

Dice Umberto Eco que no se deben dar las gracias a un director de tesis, porque al fin y al cabo no ha hecho más que cumplir con su obligación. Sin embargo, Enrique Rabasa me dio ánimos en los momentos de incertidumbre inicial, me hizo llegar un gran número de fotocopias de libros, artículos y manuscritos difíciles de obtener, facilitó muchos trámites y me señaló oportunidades de publicación de algunos trabajos relacionados con éste. Supongo que por todo eso sí puedo y debo darle las gracias.

Por último, sin el apoyo, la comprensión y la paciencia de Ángeles, este trabajo no hubiera llegado a término.

ESTUDIO PRELIMINAR

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

El arquitecto y cantero Ginés Martínez de Aranda, nacido en Baeza en 1556 y fallecido en Castillo de Locubín en 1620, maestro mayor de las catedrales de Cádiz y Santiago de Compostela, compuso a finales del siglo XVI o principios del XVII un manuscrito de cantería con numerosos dibujos, denominado *Cerramientos y trazas de montea*. Se tenía noticia de él por autores de los siglos XVIII y XIX, como Ponz, Martínez de Mazas y Ceán Bermúdez; según estos dos últimos la obra fue dedicada al arzobispo don Maximiliano de Austria, protector de Aranda. Sin embargo, no llegó en su época a la imprenta; en 1899 apareció una copia parcial, que fue adquirida para la Biblioteca del Museo de Ingenieros del Ejército; conservada desde entonces en el Servicio Histórico Militar, fue publicada en edición facsímil en 1986.¹

El manuscrito se dedica casi exclusivamente al saber central de la construcción pétreo de aquella época, lo que entonces se llamaba ART DU TRAIT o ARTE DE LA CANTERÍA y modernamente ESTEREOTOMÍA;² las soluciones al problema geométrico de despiezar un elemento constructivo macizando el espacio y disponiendo los planos de junta de manera adecuada al estado tensional de la construcción y la naturaleza del material.³ Como se afirma en el prólogo de

¹ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, Manuscrito c. 1600. (Ed. facsímil 1986, CEHOPU, con prólogo de José Mañas Martínez y estudio preliminar de Antonio Bonet Correa).

² Geneviève BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, «Progresos de la cantería y nivel científico en España en la época de Juan de Herrera», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, p. 131, resalta que hablar de estereotomía para referirse a la cantería renacentista es anacrónico; Enrique RABASA DÍAZ, «Arcos esviados y puentes oblicuos. El pretexto de la estereotomía en el siglo XIX», *OP*, 1996, p. 31, expone cómo el término ESTEREOTOMÍA, surgido en la polémica de Curabelle con Bosse y Desargues, adoptado tímidamente por De La Rue y con todas las consecuencias por Frézier responde a la idea abstracta de la división del espacio; nada podía resultarles más extraño a los hombres *asidos a la materia* a los que se dirige Aranda. Por tanto, en las páginas que sigue llamaremos TOMOTECNIA a las técnicas concretas de corte de piedras y a la ciencia abstracta de la división del espacio ESTEREOTOMÍA. V. al respecto Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, Estrasburgo-París, Jean Daniel Doulsseker-L. H. Guérin, 1737-1739, t. I, p. ix.

³ V. Spiro KOSTOF, «El arquitecto en la Edad Media, en Oriente y Occidente», en Spiro Kostof, ed., *The Architect. Chapters in the history of the profession*, Nueva York, Oxford University Press, 1977 (tr. esp. de Margarita Suárez Carreño, *El Arquitecto. Historia de una profesión*, Madrid, Cátedra, 1977, p. 93); Dionisio HERNÁNDEZ GIL, «Prólogo», en José Carlos Palacios, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1990, p. 9; Lino CABEZAS GELABERT, «Del 'arte de la cantería' al 'oficio de la cantería'», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander,

Aranda, el texto completo constaba de cinco partes: arcos; capialzados y puertas; caracoles y escaleras; pechinas y bóvedas; y capillas y ochavos. De éstas, el manuscrito que conocemos sólo incluye las dos primeras y el inicio de la tercera. La obra contiene además un breve proemio titulado *AL LECTOR* donde Aranda expone de forma concisa sus intenciones y el papel que a su modo de ver desempeñan estos saberes en la Arquitectura e indirectamente su concepción de la profesión de arquitecto. Además aparecen en algunos puntos del texto fragmentos cortos pero de gran interés sobre problemas estructurales o de diseño de elementos ornamentales como molduras o pasamanos.

Aun incompleto, es uno de los manuscritos o tratados de cantería con mayor número de «cortes», como ha puesto de manifiesto Bonet Correa. Cada uno de estos cortes, o *trazas*, en el lenguaje de Aranda, se acompaña de una figura, como es habitual en estas obras. El lenguaje es en general seco y preciso, y los dibujos le corresponden con notable limpieza y sencillez. La claridad del manuscrito es apreciablemente superior a la de los otros textos españoles de cantería del siglo XVI.⁴ Por estas razones, puede considerarse como una de las obras más importantes de la literatura arquitectónica del Renacimiento ibérico, sólo comparable en el terreno constructivo al *Libro de trazas de cortes de piedras* de Alonso de Vandelvira.

La tratadística de arquitectura del Renacimiento italiano, y en menor medida el hispánico, ha sido objeto de una atención continuada que ha puesto de relieve su carácter de fuente imprescindible para el estudio de la arquitectura de la Edad Moderna. No es tan frecuente la atención a los textos centrados en la construcción, quizá por un viejo prejuicio que opone la razón constructiva gótica a una concepción de la arquitectura renacentista basada en la forma en un primer momento y en el contenido en las últimas décadas.⁵

Lo cierto es que apenas disponemos de documentos concluyentes sobre los métodos de labra empleados por los canteros de la Baja Edad Media. El secreto de las logias, el *perpetuo silencio* del que habla Ginés Martínez de Aranda en los *Cerramientos*, protege celosamente estos saberes, y las fuentes principales de la ciencia de la construcción medieval son cuadernos personales. En el siglo XV la

Universidad de Cantabria, 1992, p. 9; Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, Memoria de oposición a la Cátedra de Geometría Descriptiva, Universidad Politécnica de Madrid, 1997, pp. 17-19.

⁴ Para todo esto, v. el prólogo de José MAÑAS MARTÍNEZ y el estudio preliminar de Antonio BONET CORREA a Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*.

⁵ Richard J. BETTS, «Structural Innovation and Structural Design in Renaissance Architecture», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1993, p. 5.

Figura 1. Abraham Bosse, La pratique du trait à preuves
du sieur Desargues pour la coupe des pierres, f. 11.

Figura 2. Jean Baptiste de la Rue, Traité de la coupe des pierres.

situación empieza a cambiar y algunos maestros desafían al poder gremial escribiendo acerca de lo que era un arte exclusivamente manual.

Pero sólo con la aparición del Renacimiento se refleja de manera escrita y gráfica el saber central de la cantería, el arte de los trazados al que nos referíamos más arriba. La cuestión parece preocupar exclusivamente en España y Francia. Por orden cronológico tenemos los manuscritos de Hernán Ruiz y Rodrigo Gil de Hontañón en las décadas de los cincuenta y sesenta, el *Premier tome de l'Architecture* de Philibert de L'Orme de 1567, el manuscrito de Jean Chéreau en los años setenta, el de Alonso de Vandelvira hacia 1580, la *Teórica y práctica de Fortificación* de Cristóbal de Rojas y el manuscrito *Cerramientos y trazas de montea* de Ginés Martínez de Aranda y quizá los rasguños llamados de Alonso de Guardia en el cambio de siglo.⁶ Dejando aparte los cuadernos de taller fragmentarios de Ruiz, Guardia y Chéreau, así como el manuscrito de Gil de Hontañón y la *Teórica y práctica de fortificación* que sólo tratan tangencialmente la cantería, los tres documentos básicos son los de De L'Orme, Vandelvira y Aranda. Además de ser publicados en ediciones facsímiles y tratados desde el punto de vista filológico, De L'Orme y Vandelvira han sido objeto en los últimos años de estudios de gran interés como tratados de estereotomía, esto es, geometría aplicada.⁷

Por el contrario, el texto de Aranda sigue sin estudiar en este terreno; el interés que el manuscrito ofrece en sí ya sería una buena razón para abordar el estudio de los *Cerramientos*. Frente a nueve *trazas* de arcos en De L'Orme y catorce en Vandelvira, Aranda ofrece setenta; en lugar de dos capitalizados en De L'Orme y

⁶ Rodrigo GIL DE HONTAÑÓN, *Manuscrito*, c. 1550, transcrito en Simón GARCÍA, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos, conforme a la medida del cuerpo humano*, manuscrito, 1681, ed. facsímil de Antonio Bonet Correa, Valladolid, Colegio de Arquitectos, 1990; Hernán RUIZ el joven, *Libro de Arquitectura*, manuscrito c. 1550, ed. facsímil de Pedro Navascués Palacio, Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 1979; Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567; Jean CHEREAU, *Livre d'architecture*, manuscrito c. 1570, Biblioteca municipal de Danzig; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, manuscrito c. 1580, ed. facsímil y transcripción de Geneviève BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, *Tratado de Arquitectura de Alonso de Vandelvira*, Albacete, Caja de Ahorros, 1977; Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*; Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, Madrid, Luis Sánchez, 1598, ed. facsímil, Madrid, CEHOPU, 1985, en *Tres tratados sobre fortificación y milicia*, 2 vol.; Alonso de GUARDIA, apuntes de órdenes arquitectónicos y de cantería en un ejemplar conservado en la Biblioteca Nacional de Madrid, signatura ER/4196, de Battista PITTONI, *Imprese di diversi precncipi, dvchi, signori, e d'altri personaggi et hvomini letterati et illustri*, Venecia, 1562. V. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 11-12.

⁷ Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, Tesis doctoral, Universidad de Princeton, 1984; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1990; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996; Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, Memoria de oposición a la Cátedra de Geometría Descriptiva, Universidad Politécnica de Madrid, 1997.

once en Vandelvira, en Aranda encontramos cincuenta y uno; ante cinco escaleras de caracol de Philibert y siete de Vandelvira, tenemos once en el manuscrito de los *Cerramientos* que conocemos. La lista podría continuar, pero sólo disponemos de una parte de la obra de Aranda; en materia de arcos, capialzados y escaleras de caracol, los *Cerramientos* nos permiten ampliar notablemente el conocimiento del repertorio de *trazas* dominadas por los maestros del Renacimiento.

Por otra parte, los *Cerramientos* ofrecen una oportunidad de gran interés para estudiar toda una serie de cuestiones acerca de la articulación del saber constructivo en la arquitectura del Renacimiento hispánico y la formación y extracción de los arquitectos, pues además de ser uno de los textos más completos de nuestra tratadística constructiva renacentista, sólo comparable en extensión al de Vandelvira, ofrecen un prólogo donde el maestro de Baeza expone los motivos que le han llevado a componer la obra y sus intenciones didácticas.

Nos encontramos en las tres páginas del proemio cuestiones como la extracción social y formación de los arquitectos, y en consecuencia la de su práctica profesional; la de las relaciones de la arquitectura con la ciencia; la de la consideración de la construcción como un aspecto de carácter meramente técnico o instrumental de la arquitectura o, por el contrario, su consideración como una parte de la disciplina en plano de igualdad con la composición o la distribución planimétrica; y la de la arquitectura clásica y la tratadística vitruviana como referencia para nuestro Renacimiento, que en ocasiones se ha querido contraponer a la tradición de la cantería, pero que aparece unida a ella en el proemio a los *Cerramientos*.

Todas estas cuestiones giran alrededor de la disyuntiva entre innovación y costumbre, entre tradición hispánica e influencia extrapeninsular, que durante largo tiempo ha formado el eje de los estudios sobre la arquitectura de nuestro Renacimiento. Pero si en el terreno formal la influencia determinante es la italiana, en la construcción pétrea el referente es Francia. La oportunidad de comparar los procedimientos geométricos de Aranda con los de Vandelvira y De L'Orme puede arrojar luz sobre algunas cuestiones en debate. Se ha defendido en numerosas ocasiones la tesis del «saber común» de los canteros renacentistas, que haría ocioso buscar influencias entre ellos; así, aunque el arte de la cantería de Alonso de Vandelvira y Ginés Martínez de Aranda sea próximo al de De L'Orme, no existiría una influencia directa de De L'Orme en la obra de Vandelvira y las similitudes

entre las técnicas de uno y otros se deberían a la herencia de la tradición medieval languedociana, recibida por vía oral.⁸

Frente a estas posturas se ha defendido una visión diferente, la de un saber en rápida evolución provocada por la adaptación al repertorio formal renacentista y facilitada por la imprenta; una fuente decisiva para el manuscrito de Alonso de Vandelvira sería el *Premier tome de l'Architecture* de Philibert de L'Orme, y los progresos de la cantería en la España del Renacimiento irían unidos a la difusión del saber geométrico mediante obras como las de Juan Pérez de Moya, citado por Alonso de Vandelvira.⁹

Ante esta situación, nos proponemos estudiar tanto los procedimientos concretos de trazado y labra de piezas de cantería que se exponen en el cuerpo de la obra como los planteamientos más generales sobre el papel del saber de los canteros en la arquitectura del Renacimiento que se hacen en el proemio. Unos y otros nos pueden permitir evaluar en qué medida estamos ante una práctica estática y tradicional, de raíz medieval y opuesta a la cultura clásica, como se ha sostenido en ocasiones, o bien ante un saber en evolución, fruto de una respuesta a los requerimientos formales de la arquitectura quinientista e inserto en el nacimiento de la técnica moderna.

1

Materiales y métodos

El primero y más importante material utilizado para este trabajo es, naturalmente, el propio manuscrito, custodiado en la biblioteca del Servicio

⁸ Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Estudio», en *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, Madrid, Escuela de Arquitectura, 1974, pg 18; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, «Alonso de Vandelvira ... », en *Architectural Theory and Practice from Alberti to Ledoux*, Dora Wiebenson, ed., Architectural Publications, 1982. (Tr. esp. de Pilar Vázquez Álvarez, *Los tratados de Arquitectura*, Madrid, Blume, pp. 237-238); Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», en Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de monte*, pp. 17, 18-19 y «Los tratados de monte y cortes de piedras españoles en los siglos XVI, XVII y XVIII», *Academia*, n° 69, 1989, pp. 29-62; ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, p. 111; Alfredo MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, Madrid, Akal, 1996, p. 153.

⁹ Geneviève BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, «Introducción», a Alonso de VANDELVIRA, *Tratado de arquitectura*, pp. 6, 33-35; de la misma autora, «Progresos de la cantería y nivel científico en España en la época de Juan de Herrera», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 129-136; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, también pone énfasis en lo que hay de **invención** en estos métodos frente a la convención, pero si en un primer momento aceptaba la influencia de De L'Orme en Vandelvira, después la limita mucho: cf. José Carlos PALACIOS, «La estereotomía en el Renacimiento. El Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, p. 99, con *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, del mismo autor, pp. 11-12.

Histórico Militar y disponible en la edición facsímil de 1986. La consulta directa del manuscrito ha sido fundamental para establecer la transcripción literal del texto. En su prólogo a la edición de 1986 decía José Mañas: «No se ha hecho, después de algunas opiniones encontradas, transcripción del texto. La caligrafía de la obra original es tan clara que realmente no merece la pena hacer la transcripción».¹⁰ Parece, sin embargo, que es el momento de volver a plantearse esas opiniones encontradas y abordar la transcripción por varias razones.

En primer lugar, la caligrafía es ciertamente clara, pero aun así todavía quedan algunos puntos oscuros que discutir y algunas lagunas que llenar, y nadie pondrá en duda la utilidad de fijar el texto;¹¹ además, la transcripción ha proporcionado la base para las demás partes del trabajo; es evidente que la representación y el comentario de las *trazas* parten del texto, pero también se benefician de su fijeza el estudio previo de una serie de cuestiones generales, y sobre todo el glosario que se incluye con la intención de precisar el significado del léxico de Aranda y situarlo en el contexto de su época.

Por otra parte, el examen directo del manuscrito nos ha permitido recoger algunos datos físicos que además de su interés en sí mismos, nos han llevado a poner en duda la identificación del copista con un miembro de la familia Churriguera y abrir una vía de investigación que nos ha conducido a identificar como autor de la copia al propio Ginés Martínez de Aranda, frente a lo que se ha sostenido en otras ocasiones.

Partiendo del texto y los dibujos del manuscrito, se han realizado modelos tridimensionales de cada una de las ciento treinta y dos *trazas* y doce *difinitiones* que comprende la parte conservada del manuscrito. Aunque un arco o capialzado es un sólido delimitado por unas superficies, y el manuscrito de Aranda es un tratado de superficies, como ha dicho Palacios refiriéndose a Vandelvira,¹² lo cierto es que toda la operativa de los *Cerramientos* se dispone con el objetivo de obtener las plantillas rígidas y planas que permiten la labra, y esto se hace por medio de trazados de líneas y arcos sobre un plano. Estamos hablando por lo tanto de trazados planos que representan un sólido tridimensional; es muy útil emplear un método de modelización tridimensional, pero es esencial que sea un método con amplias posibilidades de trazado de rectas y arcos, lo que nos conduce al modelo alámbrico, con el complemento del modelo de superficies en algunos momentos,

¹⁰ José MAÑAS MARTÍNEZ, «El tratado de Ginés Martínez de Aranda. Breve crónica de un descubrimiento», prólogo a Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, p. 11.

¹¹ V. p. ej. Manuel J. FREIRE TELLADO, «Los trazados de montea de factura renacentista del edificio de los escolapios de Monforte de Lemos (Lugo)», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, p. 174.

¹² José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 14.

por lo que se ha empleado un programa comercial con notable potencia en las representaciones alámbricas, pero que permite incluir en el mismo modelo superficies, tanto esferas, conos y cilindros, como regladas desarrollables o alabeadas.

Los modelos tridimensionales, junto con el texto fijo y depurado, nos proporcionan herramientas potentes para la comprensión del manuscrito, pero sólo nos pueden aportar una visión de su lógica **interna**. Para situarlo en su contexto es necesario acudir a otros materiales que han desempeñado un papel de gran importancia en el desarrollo de nuestra investigación. En primer lugar contamos con los textos de cantería, que probablemente conoció Aranda: De L'Orme, Vandelvira, Rojas; estas obras nos ofrecen el primer marco de referencia con el que podemos confrontar la obra de Aranda para aclarar puntos oscuros, conocer la procedencia de sus métodos y evaluar en qué medida recoge conocimientos probados y hasta qué punto ofrece innovaciones. Los textos que Aranda no debió de conocer por su reducida o nula circulación en Andalucía y los posteriores al período de redacción de los *Cerramientos* también nos ofrecen la posibilidad de arrojar luz sobre cuestiones difíciles o comprobar en qué medida algunos motivos aparecen como búsquedas continuas y recurrentes en el mundo del corte de la piedra, y hasta qué punto Aranda desempeña un papel de precursor en varios de ellos. Para estos textos se ha fijado un límite temporal en la obra de Frézier y su trasunto español, los *Elementos de Matemáticas* de Bails, por entender que la primera pone fin a la cantería renacentista y barroca y abre la estereotomía ilustrada, que es una cosa bien diferente.

Junto a estas obras especializadas, la tratadística arquitectónica general del Renacimiento europeo nos proporciona un gran cúmulo de datos sobre los conocimientos geométricos y mecánicos de los arquitectos de la época, su medio social y el concepto que estos hombres se habían formado de su propia profesión. Todas estas fuentes permiten además precisar el sentido de muchos términos empleados por Aranda perdidos en nuestros días o que difieren radicalmente o peor, sutilmente, de su valor actual; también se han empleado para esto los diccionarios históricos, como el *Tesoro de la lengua castellana o española* de 1611 y los especializados, más tardíos, de Rejón de Silva y Bails.

Si la teoría arquitectónica es importante para comprender las bases de los *Cerramientos*, la práctica es esencial para comprobar en qué medida las soluciones de los autores de textos canteriles resuelven problemas reales y qué papel desempeña este saber en la arquitectura construida de nuestro Renacimiento y nuestro Barroco. Los documentos asociados a la construcción de obras de cantería aportan una información utilísima para comprobar el uso real de los métodos de trazado y labra y sobre todo para comprender el léxico de Aranda. Empezar una

investigación de archivo a la búsqueda de estos materiales saldría desde luego de los límites de este trabajo, pero afortunadamente disponemos ya de nutridas colecciones documentales sobre la construcción quinientista, desde las pioneras de la época de Gómez-Moreno y Chueca hasta las muy abundantes aparecidas con los estudios publicados en los últimos años.

Junto a los documentos tenemos los propios monumentos, con un gran acervo de piezas excepcionales de cantería que sólo ha sido catalogado de forma parcial, en trabajos muy preocupados por lo general de las cuestiones formales próximas a las otras dos artes mayores y menos atentos a los problemas constructivos y geométricos. Frente a estos trabajos destaca la obra de Jose Carlos Palacios, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*, si bien se limita voluntariamente al repertorio de Alonso de Vandelvira y al marco temporal del siglo XVI.

En esta situación, pretender establecer listas completas de piezas construidas correspondientes a las *trazas* de Aranda sería una pretensión vana. Nos hemos limitado, más modestamente, a mencionar series de ejemplos que ilustran las diferentes soluciones a un problema o la evolución y las razones del empleo de un tipo. En cambio, no hemos adoptado límites espaciales y temporales rígidos, que son poco relevantes en la cantería en general y en el devenir profesional de Aranda en particular. Situado a caballo de dos centurias, la obra del maestro baezano participa del clasicismo escurialense y el manierismo andaluz y en cierta forma prefigura el primer barroco; su trayectoria laboral le hace recorrer la Península Ibérica de uno a otro extremo, y su lenguaje compositivo no hubiera resultado extraño en América, tan próxima a las arquitecturas del Renacimiento andaluz.

Dentro de la práctica constructiva hay que examinar en primer lugar la experiencia profesional de Ginés Martínez de Aranda, que ha sido estudiada en los últimos años por Lázaro Gila Medina, Teodoro Falcón Márquez, María Dolores Vila Jato y Ana Goy Diz entre otros autores, y confrontar las soluciones empleadas por Aranda a lo largo de su carrera de arquitecto y constructor con las propuestas en los *Cerramientos*.

Todos estos materiales serían de manejo difícil y darían pobres resultados de no apoyar su estudio con la numerosa bibliografía aparecida sobre el Renacimiento en general y el español en particular. Los monumentos y sus documentos asociados han sido objeto de una gran cantidad de estudios, especialmente en los últimos años; también la tratadística general ha dado lugar a un buen número de trabajos.

Más raras son las obras aparecidas sobre la literatura canteril. Además de los escritos de Jean-Marie Pérouse de Montclos, Geneviève Barbé-Coquelin de Lisle y Antonio Bonet Correa que enfocan los tratados y manuscritos de cantería desde un punto de vista histórico o filológico, De L'Orme y Vandelvira han recibido en los

últimos años estudios de gran interés como tratados de estereotomía, esto es, geometría aplicada, a cargo de Sergio Luis Sanabria, José Carlos Palacios y Philippe Potié, que han estudiado estos trazados desde el punto de vista geométrico y constructivo; pero al mismo tiempo Potié, al tratar por entero la carrera del arquitecto de Lyon desarrolla a fondo una vía de análisis epistemológico que también estaba indicada por Sanabria y permite contemplar la materia no como un mero instrumento técnico, sino como una disciplina de la arquitectura entendida como una realidad cultural compleja; en la misma dirección apunta un trabajo reciente, aún sin publicar, de Enrique Rabasa, que sitúa la *traza* en la línea fronteriza entre forma y construcción.

2

Resultados y discusión

Del apartado anterior se desprende que el estudio de los *Cerramientos* ha de centrarse en dos clases de cuestiones. Junto a las problemas específicos planteados por el proemio *AL LECTOR* y cada una de las doce *definiciones* y ciento treinta y dos *trazas* que expone la parte conservada del manuscrito, es necesario abordar un buen número de temas generales. Nos ha parecido preferible exponer y discutir nuestros resultados por medio de un **Estudio preliminar** que se ocupe de cuestiones como la biografía de Aranda, el manuscrito en sí, los instrumentos y métodos de trazado y labra, o las cuestiones planteadas por el proemio, y un **Texto comentado** que pase revista detallada a cada una de las *definiciones* y *trazas*.¹³

Tras esta Introducción, el Estudio Preliminar se abre recogiendo los puntos esenciales de la biografía de Ginés Martínez de Aranda. Este apartado podría dar lugar a una Tesis por sí mismo, pero nuestro objetivo en este punto no es la investigación básica sino recopilar lo esencial de las noticias conocidas sobre su vida y obra, y sobre todo confrontarlas con su obra escrita. Únicamente se ha recurrido al trabajo en archivos para esclarecer puntos concretos como la configuración de la catedral vieja de Cádiz antes de 1596 o para obtener muestras

¹³ La Normativa propia de la Universidad Politécnica de Madrid que desarrolla entre otros el artículo 9 del Reglamento que regula el procedimiento de Solicitud, Aceptación, Desarrollo, Presentación, Lectura y Defensa de la Tesis Doctoral establece como recomendación a cumplir en todos los casos posibles que el contenido de las Tesis conste de Índice, Resumen, Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones y Bibliografía. Ahora bien, dada la estructura de los *Cerramientos*, exponer en un apartado los resultados que hemos obtenido para una *traza* y varios centenares de páginas más allá la discusión del método de Aranda frente a otros tratados o de nuestros resultados frente a los estudios de los últimos años, desorientaría innecesariamente al lector. Por eso nos ha parecido necesario tratar conjuntamente los **Resultados** y su **Discusión** tanto en el **Estudio preliminar** como en el **Texto comentado**.

de la caligrafía de Ginés Martínez de Aranda, ante las dudas existentes acerca de la autoría de la copia del Servicio Histórico Militar.

Son varias las cuestiones que se discuten respecto al manuscrito de los *Cerramientos*: su fecha, su estructura, su léxico, si Martínez de Aranda llegó o no a terminar las cinco partes que tenía previsto componer, y si era o no su intención darlo a la imprenta. Se ha afirmado que la copia del Servicio Histórico Militar había sido realizada por Alberto de Churriguera, pero ya hemos dicho que el examen directo ha arrojado muchas dudas sobre este punto, por lo que se examina la autoría de la copia, con resultados que nos permiten afirmar que fue realizada por el propio Ginés Martínez de Aranda, y otras cuestiones como su mayor o menor fidelidad al original y sus poseedores posteriores,

Ahora bien, los *Cerramientos* no se pueden desligar de su contexto, por lo que nos ha parecido necesario abrir y cerrar este capítulo con sendos apartados dedicados a los textos de cantería anteriores y posteriores a la época de Martínez de Aranda, con objeto de estudiar en un primer momento la procedencia de muchas de las soluciones aportadas en las *trazas* y, si no la influencia sobre los segundos, que es difícil de postular al haber permanecido inéditos los *Cerramientos* hasta 1986, al menos el carácter de precursor que juega Aranda respecto de problemas y soluciones que reaparecen muchos años después.

A continuación se incluyen dos capítulos relativos al trazado y la labra de las piezas de cantería, los dos momentos esenciales del *arte de la monteá*. Se viene entendiendo que los trazados de cantería medievales y renacentistas se ejecutaban a tamaño natural en el suelo, en ocasiones en estancias especialmente destinadas a tal fin. En el capítulo dedicado a los métodos e instrumentos de traza se examina cómo el manuscrito de Martínez de Aranda confirma esta práctica, qué instrumentos de trazado se empleaban en la época y de cuáles se hace mención directa o indirecta en el manuscrito, así como los procedimientos geométricos generales para trazar rectas, paralelas, perpendiculares, y arcos de círculo o elipse, así como desarrollar curvas alabeadas; después se estudia el método de representación usado por Aranda, un antecedente del sistema diédrico que emplea la proyección ortogonal u oblicua, y especialmente algunas formas de abatimiento; el capítulo se cierra analizando la relación de estos procedimientos geométricos con su origen proclamado, los *Elementos* euclidianos.

También merecerá la pena estudiar qué instrumentos de labra se utilizaban en la época y a cuáles se refiere directa o indirectamente Aranda. José Carlos Palacios, en su estudio de la cantería española del Renacimiento, centrado en el manuscrito de Alonso de Vandelvira, ha puesto de manifiesto cómo aparecen en España dos grandes métodos de corte de piedras, el llamado en los tratados de la época *por*

robos y el que él denomina *por baivel* y Martínez de Aranda *por plantas al justo*.¹⁴ El examen del manuscrito de Martínez de Aranda y su comparación el de Vandelvira y otros textos de cantería puede arrojar luz sobre la cuestión. Se pueden distinguir dos variantes del método *por robos* según se mantengan o no las caras del sólido capaz en planos horizontales y verticales; dos variantes del método *por plantas al justo*, la simplificada que aparece con frecuencia en Vandelvira basada en el uso de *saltarreglas* y la preferida por Martínez de Aranda en la que se obtienen no *saltarreglas* sino *plantas por lecho* completas; y un quinto método intermedio entre *plantas* y *robos*.

Una cuestión especialmente interesante es si se usaban plantillas rígidas o flexibles, pues eso nos lleva a discutir si en las caras curvas de las piezas lo que se pretende obtener es un desarrollo o una proyección sobre el plano oblicuo de la plantilla y cómo se realiza la labra de las caras alabeadas de las dovelas, que no pueden ser materializadas directamente por una plantilla rígida. Todo esto nos lleva a un punto esencial, el de la evolución de los métodos de labra, que nos ha de permitir evaluar si el saber de los canteros es un saber empírico y tradicional resultado de una persistencia medieval como se ha afirmado en ocasiones, o si por el contrario evoluciona para responder a las nuevas demandas de la arquitectura del Renacimiento y la organización de obras de envergadura desconocida hasta entonces como la del Monasterio del Escorial.

Aranda expone en el proemio *AL LECTOR* su concepción del ejercicio de la cantería y la arquitectura, en una apretada síntesis expresada con ayuda de términos tomados directa o indirectamente del texto vitruviano. Aparecen en rápida sucesión varios temas centrales de la arquitectura del Renacimiento español a los que no ha prestado mucha atención una crítica volcada en los aspectos formales o iconológicos. Pensamos así que es muy importante pasar revista a temas como el debate entre imitación de la Antigüedad e innovación, la persistencia y renovación de la tradición medieval de la cantería, el papel de la ciencia antigua recuperada por el Renacimiento, la dialéctica entre teoría y práctica, las relaciones entre diseño, dirección y ejecución, la utilización de métodos experimentales no sólo para estudiar cuestiones mecánicas y estructurales, sino también el problema puramente geométrico que ocupa el centro del saber canteril, y los métodos didácticos de estos textos, que no se deben confundir con un carácter empírico de bajo nivel.

Antes de abordar el **Texto comentado** es necesario decidir si se ofrece una transcripción literal o se moderniza la ortografía para facilitar la comprensión del

¹⁴ José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pássim y esp. pp. 18-20.

lector. Geneviève Barbé optó en su edición del manuscrito de Vandelvira por esta última posibilidad para facilitar la comprensión del texto, aun a riesgo de sorprender a los puristas, y lo mismo ha hecho recientemente María Ángeles Toajas Roger.¹⁵ Sin embargo, otras ediciones recientes en este campo, como la vallisoletana del *Compendio de arquitectura y simetría de los templos*¹⁶ intentan ofrecer la mayor fidelidad posible al original, lo que hace de la transcripción un instrumento valioso para los estudios lexicográficos. Puestas las cosas así, nos ha parecido conveniente modernizar la ortografía en el texto que sirve de base al comentario, destinado al lector interesado en la cantería y sólo indirectamente en el léxico, pero esto no impide ofrecer también como apéndice una **Transcripción literal** destinada a los puristas que por otra parte es la base del apartado dedicado al léxico de Aranda.

Como decimos, en el **Texto comentado** se incluye una transcripción de los *Cerramientos* con ortografía modernizada; la acompañan la reproducción de los dibujos de los *Cerramientos* u otros textos relacionados con la *traza*, que en algunos casos han sido limpiados mediante un programa de tratamiento de imágenes para facilitar su comprensión, la representación en papel del modelo tridimensional al que nos referimos más arriba y un comentario para cada *traza*, sangrado y en cuerpo menor.

Estos comentarios incluyen una descripción del procedimiento empleado, amplia en ocasiones y más reducida en las variantes de cortes ya expuestos. En muchas *trazas* ha sido preciso abordar en detalle problemas específicos de geometría, de técnicas e instrumentos de trazado o de herramientas y métodos de labra, que van surgiendo al hilo del procedimiento utilizado.

En numerosas ocasiones es de gran interés comparar la solución propuesta por Aranda con la de otras fuentes, ante todo con los tratados y manuscritos españoles y franceses del siglo XVI¹⁷, que representan el estado del saber canteril en época de Martínez de Aranda, los conocimientos que podemos suponer que poseía el maestro de Baeza. Pero en muchos casos los *Cerramientos* ofrecen nuevas soluciones que merece la pena confrontar con los tratados posteriores, llegando

¹⁵ Geneviève BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, «Introducción», en Alonso de VANDELVIRA, *Tratado de arquitectura*, p. 33; María Ángeles TOAJAS ROGER, nota a Diego LÓPEZ DE ARENAS, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco y tratado de alarifes*, Madrid, Visor, 1997, p. 67.

¹⁶ SIMÓN GARCÍA, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos, conforme a la medida del cuerpo humano*, 1681 (Ed. facsímil con estudios de Antonio Bonet Correa y Carlos Chanfón Olmos y transcripción paleográfica de Cristina Rodicio Rodríguez, Valladolid, Colegio de Arquitectos, 1991).

¹⁷ Hernán RUIZ el joven, *Libro de Arquitectura*, c. 1550; Rodrigo GIL DE HONTANÓN, *Manuscrito*, c. 1550, incluido en Simón GARCÍA, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos, conforme a la medida del cuerpo humano*, 1681; Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567.

incluso a Frézier y Bails, pues la limitada circulación del manuscrito dio lugar a que las soluciones más innovadoras que aporta, como el uso de abatimientos alrededor de charnelas oblicuas al plano del alzado, el empleo de plantillas para la labra de caras alabeadas o las técnicas para regularizar el aspecto de las embocaduras de los arcos, no se conocieran en ámbitos amplios, y fueran vueltas a plantear de forma independiente por Derand o Frézier. Además, no se puede considerar el manuscrito como un texto puramente teórico, sin relación con la práctica constructiva, por lo que tiene interés sondear qué aplicaciones concretas de cada uno de los cortes podemos encontrar en nuestro país, empezando por la propia obra de Aranda como arquitecto y constructor, y en qué medida se acercan o se alejan de los modelos de los *Cerramientos*.

En otras partes de este trabajo, pero sobre todo en los comentarios, se emplea una notación especial para las citas de Aranda y sus contemporáneos. Varias de las voces empleadas por Aranda, como TRAZA, PLANTA, CARA o ARISTA tienen un sentido muy diferente del que se les da en nuestros días. Para mayor claridad, escribimos estas voces en *cursiva* cuando citamos a Aranda o las empleamos en el sentido en que él las emplea, «entre comillas» cuando citamos a otros autores o les damos el sentido que éstos les dan, en VERSALES cuando nos referimos al término en sí de modo metalingüístico, y en escritura normal cuando les damos el sentido de nuestros días. Por otra parte, y siguiendo el criterio de facilitar la lectura, se moderniza la ortografía de estas citas y se traducen las que proceden de lenguas distintas al castellano, dando en éste último caso el original en nota. Las referencias a las figuras se hacen entre [corchetes], mientras que cuando nos referimos específicamente a la notación de los dibujos de Aranda lo hacemos en **negrita** para mayor claridad, tanto en el texto como en los comentarios y notas, y los signos especiales como la (cruz), el (trébol) o el (cuadrifolio) se transcriben entre paréntesis.

En la **Transcripción literal** el texto no sufre más modificaciones que el desarrollo de las abreviaturas en *cursiva*, de forma que la muy frecuente q con tilde se transcribe como *que*; la reintegración de omisiones obvias entre [corchetes] y la de fragmentos perdidos por quemaduras o recortes entre <corchetes angulares> y el añadido de los números de plana entre corchetes y en cursiva y negrita, de manera que la enigmática última plana se denota por [250].

También para facilitar la comprensión de los *Cerramientos* en su contexto se incluye un **Glosario** de términos de arquitectura y cantería,¹⁸ intentando reflejar en

¹⁸ Es obligado citar en este punto el interesante trabajo de Aurora MIRÓ DOMÍNGUEZ, «El léxico de la construcción en un tratado de cantería del siglo XVI», en *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, Madrid, Universidad Complutense, 1994, pp. 647- 663, que analiza el léxico

él todos los términos de arquitectura y construcción usados por Aranda, así como voces de uso más general que han caído en desuso en la actualidad, se han visto reducidas a un ámbito muy limitado o han cambiado de significado, incluyendo algunos ejemplos de su uso en Aranda o en fuentes anteriores o posteriores para mostrar su evolución.¹⁹

constructivo de Aranda con ayuda del diccionario de Autoridades, los generales de Alfonso de Palencia, Nebrija y Covarrubias, y los especializados de Terreros, Francisco Martínez, Rejón de Silva y Bails. Pero dado que algunos términos constructivos escapan incluso del alcance de Covarrubias, nuestro mayor lexicógrafo áureo, y que en la época de Rejón y Bails algunas voces han desaparecido y otras han cambiado de matiz, nos ha parecido necesario emplear otras fuentes, fundamentalmente la tratadística de arquitectura, los textos de cantería y los documentos contractuales de algunas obras del período. Por otra parte, también nos ha parecido necesario para la correcta comprensión del texto de Aranda incluir no sólo términos de construcción, sino también de otros campos de la arquitectura, así un limitado número de voces de uso general que han cambiado de sentido desde la época de Aranda a nuestros días.

¹⁹ Para cada voz se señala con **MAYÚSCULAS** su ortografía moderna, en *cursiva* las variantes que emplea Aranda, y en letra **redonda** las variantes empleadas por otros autores. Se reflejan las variantes ortográficas más frecuentes de cada palabra, y no las que aparecen esporádicamente y deben interpretarse como errores. En las definiciones se emplean las **VERSALES** para remitir a otras voces del Glosario. En los ejemplos, se rompe por ahorro de espacio la regla que se sigue en las notas, y se designan las fuentes por autor y fecha; se señalan con **VERSALES** la voz que se trata de ilustrar u otras relacionadas con ella.

Capítulo 2

GINÉS MARTÍNEZ DE ARANDA, ARQUITECTO Y MAESTRO DE CANTERÍA

En la edición de 1986 de los *Cerramientos* se incluye un breve estudio de Bonet Correa que recopila datos de sus propios trabajos sobre la arquitectura santiaguesa, de Galera Andreu para las obras giennenses y de Sancho de Sopranis y Antón Solé para la etapa gaditana.¹ Desde entonces se han publicado trabajos que aportan datos documentales que permiten precisar muchas cuestiones de la vida del maestro, como los de Gila Medina en el entorno de Alcalá la Real, de Falcón Márquez y García Peña para Cádiz y Jerez, y Vila Jato y Goy Diz acerca de Santiago.²

Emprender una investigación documental en profundidad acerca de la trayectoria de Martínez de Aranda excedería de los límites de esta Tesis. Pero pasar revista a la biografía del maestro tiene interés, no por los datos novedosos que no se deben esperar de este capítulo, sino porque una lectura de los *Cerramientos* que no tuviera en cuenta la experiencia profesional de Aranda sería incompleta; como veremos a lo largo de este trabajo, en varias ocasiones la elección de las *trazas* que forman parte del catálogo de Aranda encuentra su razón en la trayectoria

¹ Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, Madrid, Instituto Diego Velázquez, 1966; Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura de los siglos XVII y XVIII en Jaén*, Granada, Caja General de Ahorros y Monte de Piedad, 1977; «Una familia de arquitectos jiennenses: los Aranda. Estudio genealógico», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 1978, pp. 9-19; y *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, Jaén, Instituto de Estudios Jiennenses, 1982; Hipólito SANCHO DE SOPRANIS, «La arquitectura jerezana en el siglo XVI», *Archivo Hispalense*, 1964, pp. 9-73; y Pablo ANTÓN SOLÉ, «La catedral vieja de Santa Cruz de Cádiz. Estudio histórico y artístico de su arquitectura», *Archivo Español de Arte*, 1975, pp. 83-96.

² Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida, su obra y su amplio entorno familiar», *Cuadernos de Arte*, 1988, pp. 65-81, y *Arte y artistas del Renacimiento en torno a la Real Abadía de Alcalá la Real*, Granada - Alcalá la Real, Universidad - Ayuntamiento, 1991; Teodoro FALCÓN MÁRQUEZ, «El nombramiento de Ginés Martínez de Aranda como maestro mayor de las diócesis de Cádiz y Santiago de Compostela», *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, Madrid, Universidad Complutense, 1994; Carlos GARCÍA PEÑA, *Arquitectura gótica religiosa en la provincia de Cádiz, diócesis de Jerez*, Tesis doctoral, Universidad Complutense, 1990; Ana GOY DIZ, «Los trasmeranos en Galicia: la familia de los Arce», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 147-158, y *La arquitectura en Galicia en el paso del Renacimiento al Barroco, 1600-1650. Santiago y su área de influencia*, Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela, 1995; y María Dolores VILA JATO, «El claustro de la Catedral de Santiago», en *Estudios sobre historia de Arte ofrecidos al Prof. Dr. Ramón Otero Túñez, en su 65 cumpleaños*, Santiago de Compostela, Universidad, 1991, pp. 105-118, y «Precisiones sobre la construcción del monasterio de San Martín Pinario de Santiago», *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, Madrid, Universidad Complutense, 1994.

profesional del maestro o en las influencias diversas que va recibiendo a lo largo de su carrera. A la inversa, el estudio detallado de los *Cerramientos* puede arrojar luz sobre algunas cuestiones que no pueden aclarar los documentos de archivo, desde su relación con personajes como Cristóbal de Rojas o aspectos de su práctica profesional y la visión que el maestro tenía de su arte.

1

Baeza

Como ha demostrado Lázaro Gila,³ Ginés Martínez de Aranda nació en Baeza en 1556, siendo bautizado el 12 de Marzo, hijo primogénito de Juan de Viana y Luisa de Aranda. Por lo que conocemos de su padre, era ante todo albañil, quizá con algunos conocimientos de cantería: sabemos que realizó un molino de aceite en el egido de Baeza o una casa en Baeza y un cortijo en Torreblascopedro para el caballero veinticuatro Alonso de Medina, así como las tapias del palacio de don Juan de Carvajal en la plaza de San Gil, para el que su cuñado Ginés Martínez dio las trazas y condiciones de las torres.

Por tanto hay que suponer que nuestro artista recibió una educación tradicional de cantero como la de Hernán Ruiz o Alonso de Vandelvira en el núcleo de la familia materna, de gran tradición en la zona, comenzando por el abuelo, Ginés Martínez el viejo, activo en Baeza en el segundo cuarto del siglo. Se ha planteado la posibilidad de que Diego de Aranda, maestro que trabajaba en Granada en la primera mitad del siglo y próximo a Diego de Siloé, fuera cuñado o suegro de Ginés Martínez el viejo.⁴

En la siguiente generación destacan dos tíos de nuestro Ginés Martínez de Aranda. De Ginés Martínez conocemos, además de las casas de don Juan de Carvajal, la traza que da en 1560 para el puente Mazuecos⁵ y la fuente de la plaza

³ V. para esto y para todo este apartado Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida, su obra y su amplio entorno familiar», pp. 68-71, 80, y *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 266-270.

⁴ Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1941 (2ª ed. 1983, Madrid, Xarait, pp. 85); Antonio GALLEGO BURÍN, *Granada. Guía histórica y artística de la ciudad*, Granada, 1936 (9ª ed. Granada, Comares, 1993, pp. 132, 250, 268, 314); Pedro GALERA ANDREU, «Una familia de arquitectos jiennenses: los Aranda. Estudio genealógico», pp. 10, 15, y *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 91; Rafael LÓPEZ GUZMÁN, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, Granada, Diputación, 1987, pp. 592, 657-658; José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, *La arquitectura religiosa granadina en la crisis del Renacimiento (1560-1650)*, Granada, Universidad-Diputación, 1989, p. 110, y *Las iglesias de las Siete Villas (Colomera, Guadahortuna, Illora, Iznalloz, Moclín, Montefrío y Montejícar)*, Granada, Fundación Rodríguez Acosta, 1989, pp. 86, 91, 102.

⁵ José Policarpo RUIZ CABRERA, «Una obra desconocida de Andrés de Vandelvira y Francisco del Castillo: el puente Mazuecos de Baeza», *Archivo Español de Arte*, 1995, pp. 382-383.

Figura 3. Fuente de Santa María. Baeza.

Figura 4. Portada Norte de la Catedral de Baeza.

Figura 5. Ventanas de la nave y el ábside en Santa Cruz de Baeza.

de Santa María de Baeza, de 1564, que realiza como «maestro de traer y sacar el agua y hacer las fuentes».⁶ La fuente nos proporciona indicaciones acerca de la primera formación de Ginés Martínez de Aranda [3]. Se trata en realidad de la parte visible de una importante operación de ingeniería para el abastecimiento de agua a Baeza, que incluye una galería subterránea de dos kilómetros y medio.⁷ La fuente en sí es una composición singular en la que la mitad superior de un arco de triunfo, desde la línea de impostas al ático que lo corona, apoya sobre columnas. Se incluyen elementos clásicos como órdenes y atlantes, y la forma y proporción de los elementos de la composición tomados por separado se conocen aceptablemente; pero la relación entre elementos, las proporciones globales y el sentido general de la composición no se acaban de dominar, especialmente en la problemática relación entre el pesado cuerpo superior y las columnas exentas que lo soportan. Todo esto recuerda a la primera fase de difusión del Renacimiento en nuestro país, por medio de estampas, dibujos y otras imágenes fragmentarias que proporcionan un vocabulario formal pero no las reglas sintácticas necesarias para ensamblar estos fragmentos.⁸

⁶ V. Antonio PONZ, *Viaje de España*, Madrid, Joaquín de Ibarra, 1772-1794, t. XVI (Ed. Madrid, Aguilar, 1978, p. 68); Vicente LAMPÉREZ Y ROMEA, *Historia de la arquitectura civil española*, Madrid, Saturnino Calleja, 1922, t II, pp. 528-30; Francisco ESCOLANO GÓMEZ, «Aportación al estudio de la Santa Iglesia Catedral de Baeza», *Cuadernos de Arte*, 1938; Antonio BONET CORREA, en *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, pp. 115, 117 y «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», en *Cerramientos y trazas de monte*, 1986, p. 20, la hacía obra de nuestro Ginés Martínez de Aranda, lo que le llevaba a adelantar su nacimiento y suponer que moría en 1606. Ya Pedro GALERA ANDREU, en *Arquitectura de los siglos XVII y XVIII en Jaén*, p. 108 y en «Una familia de arquitectos jiennenses: los Aranda. Estudio genealógico», p. 11 ponía en duda la autoría porque entonces Ginés Martínez de Aranda habría obtenido la maestría de Santiago con cerca de setenta años, e identificaba al arquitecto de Santiago con el hijo del autor de la fuente. Sin embargo el mismo autor, en *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 91, identificaba de nuevo a Martínez de Aranda con el autor de la fuente. El posterior hallazgo por Gila Medina de la partida de bautismo de Ginés Martínez de Aranda descarta completamente la atribución de la fuente a Martínez de Aranda porque nuestro maestro tendría en 1564 siete u ocho años, y al mismo tiempo apunta al «maestro de hacer las fuentes» como tío y no padre de Martínez de Aranda.

⁷ José Policarpo RUIZ CABRERA, «Una obra desconocida de Andrés de Vandelvira y Francisco del Castillo: el puente Mazuecos de Baeza», *Archivo Español de Arte*, 1995, p. 383.

⁸ Earl E. ROSENTHAL, «The image of Roman Architecture in Renaissance Spain», *Gazette des Beaux-Arts*, 1958, pp. 333-334; Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, p. 119; Damián BAYÓN, *Architecture en Castile au XVI^e siècle*, París, 1967 (Tr. española, *Mecenazgo y arquitectura en el Dominio Castellano: 1475-1621*, Granada, Diputación, 1991, p. 184); Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1983-86, t. I, pp. 63-67; del mismo autor y Agustín BUSTAMANTE, «El Escorial y la cultura arquitectónica de su tiempo», en *El Escorial en la Biblioteca Nacional. IV centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Ministerio de Cultura, 1985, pp. 117-148, y «Las 'Medidas' de Diego de Sagredo», en Diego de Sagredo, *Medidas del Romano*, Madrid, Consejo de Colegios de Aparejadores, 1986, pp. 65, 90, 122; Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 96; María Luz de ULIERTE VÁZQUEZ, «Baeza: El Arte» en *Historia de Baeza*, Granada-Baeza, Universidad-Ayuntamiento, 1985, p. 504; Víctor NIETO ALCAIDE, «Renovación e indefinición estilística, 1428-1526», en *Arquitectura del Renacimiento en España*,

También hay que tener en cuenta que Baeza, reconquistada en 1226, es una de las pocas ciudades andaluzas que cuenta con varias iglesias románicas [5]. Allí tuvo que conocer Martínez de Aranda elementos del repertorio de la cantería medieval que prácticamente desaparecen durante el gótico para resurgir en el Renacimiento, como los arcos abocinados y abocinados *en torre redonda* de la iglesia de Santa Cruz o las bóvedas de horno desaparecidas en nuestro siglo de la iglesia de San Juan Bautista.⁹

Otro tío de nuestro artista era Francisco de Aranda, que llamaremos El Viejo para distinguirlo del hermano de Ginés Martínez de Aranda; realizó en 1564 la portada de cantería de las casas de don Francisco de Moya, y algo antes otra para Juan de Cambostrano. Probablemente fuera hermano de ambos Gabriel de Aranda, que trabajó en Higuera de Martos, hoy de Calatrava, y contrató el puente sobre el río San Juan en Castillo de Locubín.

En Higuera de Martos trabaja también el hermano menor de Francisco del Castillo, Benito, lo que tiene interés dada la influencia de éste último sobre Ginés Martínez de Aranda, a la que nos referiremos más adelante.¹⁰ También es importante es para nuestros propósitos el contrato del puente sobre el río San Juan, porque marca la llegada del primer miembro de la familia de los Aranda al Castillo de Locubín y por tanto al área de Alcalá la Real.

La tercera generación es la de los primos de Martínez de Aranda. Ginés Martínez, hijo del «maestro de las aguas», heredó el cargo paterno en Baeza,¹¹ ciudad en la que siguió toda su vida profesional, si bien Gila plantea la posibilidad de su intervención en la abadía de La Mota, a la que va a estar tan ligado Ginés Martínez de Aranda.

Por el contrario, el resto de los primos emigran hacia otros puntos. Ginés Martínez de Salazar, tal vez hijo de Francisco de Aranda el viejo, aparece en un

1488-1599, Madrid, Cátedra, 1989, pp. 15, 51-53, 78-82; Alfredo J. MORALES, «Tradición y modernidad», *ibid.*, pp. 186, 221; Fernando CHECA, «El estilo clásico», *ibid.*, p. 341. Contrasta con estas opiniones la de Fernando CHUECA GOITIA, *Andrés de Vandelvira, arquitecto*, Jaén, Diputación de Jaén, 1971 (Redactado en 1953; ed. 1995, Riquelme y Vargas Ediciones, pp. 292-294).

⁹ Lázaro GILA MEDINA, *Arquitectura religiosa de la Baja Edad Media en Baeza y Úbeda*, Granada, Universidad, 1994, pp. 26, 60, 64.

¹⁰ Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura en el Renacimiento andaluz*, Granada, Universidad, 1989, pp. 88-89. También es de señalar que Benito del Castillo, junto con «Francisco de Aranda, cantero vizcaíno», afianza a Sebastián Suárez en la obra de la iglesia de Porcuna en 1590. Puede tratarse de Francisco de Aranda el viejo, del Francisco de Aranda hermano de nuestro Ginés Martínez de Aranda, que en 1590 andaba huido de Castillo de Locubín, o de un verdadero cantero vizcaíno independiente de los Aranda baezanos.

¹¹ Pedro GALERA ANDREU, en «Una familia de arquitectos jiennenses: los Aranda. Estudio genealógico», p. 11. La dedicación de los arquitectos a la hidráulica era frecuente en el siglo XVI; v. Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, Madrid, Akal, 1996, pp. 88, 116, 126.

primer momento vinculado al Castillo, pues fía a su tío Gabriel en la obra del puente sobre el río San Juan y en 1584 la continúa por incumplimiento de éste,¹² ahora con Ginés Martínez de Aranda como fiador. Martínez de Salazar no parece que llegue a residir en el Castillo, pues aparece como vecino de Baeza en el documento por el que se hace cargo del puente y en un poder que le otorgan Ginés Martínez de Aranda y su hermano Francisco de Aranda para cobrar cantidades de la herencia paterna en el mismo 1584; pero volverá a principios del siglo siguiente para dar las trazas de la nave de la iglesia de San Pedro.¹³

Ginés Martínez de Aranda y su hermano Francisco de Aranda emigrarían hacia 1580 hacia la comarca de Alcalá la Real y Castillo de Locubín, posiblemente con su padre,¹⁴ y acabarían fijando en esta última villa su residencia. Acerca de los motivos de esta diáspora sólo se pueden plantear hipótesis. Tanto Galera como Gila apuntan a la crisis económica que afecta en los años finales del siglo a Baeza;¹⁵ pero no hay que olvidar que la crisis no fue total y que la primera de las canterías baezanas, la de la iglesia mayor, estaba abierta. Precisamente en aquellos años está trabajando en Baeza Andrés de Vandelvira; ya había levantado la capilla mayor del convento de San Francisco entre 1540 y 1546; en la Iglesia de San Andrés actúa desde 1562 a 1564; en la Catedral ya trabajaba en la capilla de San Miguel desde 1560 y se hace cargo del conjunto de la reconstrucción tras el sismo de 1567.¹⁶

¹² Se ha confundido en ocasiones a este Ginés Martínez de Salazar con Ginés Martínez de Aranda. Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 91, vincula a Gabriel de Aranda con la obra del puente, pero dice que fue Ginés Martínez de Aranda el que le fió. La publicación por Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 114, y sobre todo 354, del documento por el cual Ginés Martínez de Salazar se hace cargo de las obras del puente y en el cual aparece Ginés Martínez de Aranda como fiador de Ginés Martínez de Salazar, deja perfectamente claro que son dos personas diferentes.

¹³ Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », pp. 70 y 80; del mismo autor, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 295. María Luz de ULIERTE VÁZQUEZ, «Baeza: El Arte» en *Historia de Baeza*, p. 504, habla de un enigmático Ginés Martínez de Salazar, hijo de Ginés Martínez de Aranda, que llegó a maestro mayor de Baeza. Pero la identificación es dudosa porque el Ginés Martínez hijo de Ginés Martínez de Aranda siempre aparece como Ginés Martínez a secas y porque no aparece nunca ligado a Baeza en la abundante documentación reunida por GILA MEDINA en *Arte y artistas del Renacimiento ...* Puede tratarse por lo tanto, bien del hijo del «maestro de las aguas», bien de Ginés Martínez de Salazar, bien de su hijo.

¹⁴ Pedro GALERA ANDREU, «Una familia de arquitectos jiennenses ... », pp. 14 y 15, recoge una noticia del expediente de limpieza de sangre de Juan de Aranda y Salazar según la cual dejó Baeza muy mozo para ir a Alcalá con su padre a hacer ciertas obras. Pero estas obras no serían las de la iglesia de La Mota, a la cual se vincularían los Aranda posteriormente, sino otras, quizás las del puente sobre el río San Juan en el Castillo, al fin y al cabo aldea de Alcalá.

¹⁵ Pedro GALERA ANDREU, «Una familia de arquitectos jiennenses... », p. 16; María Luz de ULIERTE VÁZQUEZ, «Baeza: El Arte» en *Historia de Baeza*, 1985, p. 504; Lázaro GILA MEDINA, y Vicente M. RUIZ PUENTES, «Andrés de Vandelvira: aproximación a su vida y obra», *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, Sevilla, Consejería de Cultura, 1992, p. 110.

¹⁶ Francisco ESCOLANO GÓMEZ, «Aportación al estudio de la Santa Iglesia Catedral de Baeza», *Cuadernos de Arte*, 1938, pp. 67-68; «La iglesia de San Andrés de Baeza», *Cuadernos de Arte*, 1942, p. 8; Fernando CHUECA GOITIA, *Andrés de Vandelvira, arquitecto*, pp. 282-292; María Luz de ULIERTE VÁZQUEZ, «Baeza:

Muerto el maestro de Alcaraz en 1575, en 1581 visita la iglesia mayor en dos ocasiones Francisco del Castillo, que ya en 1555 había intervenido en San Andrés; hacia 1585 aparece en la dirección de la fábrica catedralicia Juan Bautista Villalpando, que más tarde envía trazas desde Roma para el Colegio de Santiago.¹⁷ Como hemos dicho, en 1560 Ginés Martínez da trazas para el puente Mazuecos de Baeza; ante los problemas de estabilidad surgidos en 1562 da su parecer entre otros maestros Francisco de Aranda el viejo, pero el puente se termina con una traza de Andrés de Vandelvira y Francisco del Castillo.¹⁸ Resulta fácil comprender que ante el clasicismo y la mayor preparación técnica de Vandelvira, Castillo y Villalpando, poco tenía que hacer el estilo más arcaico del «maestro de las aguas» y su clan, que sin embargo siguen sirviendo al municipio en el dominio de las obras hidráulicas.

2

Castillo de Locubín

En los primeros años ochenta Ginés Martínez de Aranda, su hermano Francisco de Aranda y quizás su padre, se trasladan a Castillo de Locubín, tal vez para trabajar en el puente sobre el río San Juan que había contratado su tío Gabriel de Aranda, hoy desaparecido; su presencia está documentada desde el 9 de Enero de 1582. Castillo de Locubín era en lo civil aldea de Alcalá la Real y en lo religioso estaba sometida a la jurisdicción de la Real Abadía de La Mota de Alcalá cuyos abades, sufragáneos del arzobispado de Toledo, tenían atribuciones y poder comparables al de los obispos de la época. Hay que tener en cuenta que Alcalá y el

El Arte», en *Historia de Baeza*, pp. 498-501; Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura ...*, pp. 68-69; Lázaro GILA MEDINA, *Arquitectura religiosa de la Baja Edad Media en Baeza y Úbeda*, p. 154; del mismo autor con Vicente M. RUIZ PUENTES, «Andrés de Vandelvira: aproximación a su vida y obra», *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, p. 97.

¹⁷ Francisco ESCOLANO GÓMEZ, «Aportación al estudio de la Santa Iglesia Catedral de Baeza», pp. 67-77; Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 100; María Luz de ULIERTE VÁZQUEZ, «Baeza: El Arte» en *Historia de Baeza*, pp. 500-502, 506; Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura ...*, pp. 69-70, 78-79, según el cual Castillo debió ejercer la dirección entre 1575 hasta 1584, momento en que se traslada a Granada para hacerse cargo de la obra de la Chancillería; Carlos SARTHOU CARRERES, y Pedro Navascués Palacio, *Catedrales de España*, Madrid, Espasa-Calpe, 1988 (1ª ed. Carlos Sarthou Carreres, 1952; 12ª ed., enteramente revisada por Pedro Navascués Palacio, 1988), p. 44, señala también la intervención de Jerónimo del Prado en las trazas de la portada Norte; René TAYLOR, «Juan Bautista Villalpando y Jerónimo Prado: de la arquitectura práctica a la reconstrucción mística», *Dios Arquitecto*, Madrid, Siruela, 1991, p. 161 de la ed. de 1994. Francisco del Castillo el Viejo ya había intervenido en San Andrés de Baeza en 1553-1555; v. Francisco ESCOLANO GÓMEZ, «La iglesia de San Andrés de Baeza», *Cuadernos de Arte*, 1942, p. 7, y Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura ...*, pp. 35-36.

¹⁸ José Policarpo RUIZ CABRERA, «Una obra desconocida de Andrés de Vandelvira y Francisco del Castillo: el puente Mazuecos de Baeza», *Archivo Español de Arte*, 1995, pp. 383-385.

Castillo pertenecían al reino de Jaén, pero estaban situados en el camino de Granada a Córdoba y las vías de comunicación a Jaén no eran directas; esto da lugar a un mosaico de influencias giennnenses, granadinas y cordobesas que se va a reflejar en la obra de Martínez de Aranda.¹⁹

No está documentado que Martínez de Aranda trabajara en el puente sobre el río San Juan, pero las razones para pensar en su intervención son sólidas. Gabriel de Aranda debió de comenzar la obra a principios de los años ochenta, y en 1582 Aranda está trabajando en el Castillo como decimos; en 1584, con Gabriel de Aranda en la cárcel, Ginés Martínez de Salazar, vecino de Baeza, se hace cargo de ella, con su primo Ginés Martínez de Aranda, residente en Castillo de Locubín, como fiador. Por tanto Martínez de Aranda podría haber actuado como hombre sobre el terreno para su primo Martínez de Salazar, que llevaría la obra con visitas intermitentes desde Baeza, o quizá incluso subcontratarla en su totalidad.²⁰

El año de 1585 parece decisivo para la vida de nuestro maestro. Por una parte aparece por primera vez vinculado a obras no sólo como ejecutor sino como proyectista; el 22 de Marzo contrata junto con Miguel de Bolívar la obra de la capilla de la Concepción de la iglesia de San Juan de Alcalá la Real [6],²¹ para la que había dado las trazas y condiciones. La pequeñísima capilla, de unos cuatro metros y medio de lado, es muy significativa en la obra de Ginés Martínez de Aranda por más de una razón. En primer lugar, comprobamos que la obra se realiza conjuntamente con Miguel de Bolívar, miembro de una familia de canteros sólidamente asentada en la zona, pero que no sabe firmar;²² en cambio, las trazas y condiciones las da el recién llegado Aranda en solitario.

Se trata de un espacio sensiblemente cuadrado cubierto por una bóveda de casetones sobre pechinas de cuidada labra. Hay que destacar además de la calidad de la ejecución, la elección del «corte». Para resolver este problema, hubiera sido frecuente en la época recurrir a la construcción «por cruceros», de derivación gótica, en la que se tiende una plementería entre nervios. Sin embargo, Aranda recurre a un derivado de la «Capilla redonda en vuelta redonda», precisamente

¹⁹ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 22, 24; Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», en *Cerramientos y trazas de monte*, 1986, p. 20, da 1585 como la fecha del traslado al Castillo; v. también Víctor PÉREZ ESCOLANO, «Territorio y ciudad», en *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, Sevilla, Consejería de Cultura, 1992, pp. 25, 37 y José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, «Relaciones artísticas entre Jaén y Granada en los inicios de la modernidad: Aproximación a una corriente histórica», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 1989, pp. 59-71.

²⁰ V. Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 270-271.

²¹ Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », p. 70; del mismo autor, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 136-139.

²² Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 225.

aquella que para Alonso de Vandelvira era «principio y dechado de todas las capillas romanas»,²³ de manera que los nervios no se disponen en piezas independientes sino que se tallan las dovelas para obtenerlos, dando así a la bóveda un aspecto de solidez clásica.

Si el sencillísimo recercado de la puerta de acceso a la capilla es de Martínez de Aranda, también nos habla de su formación clásica y su conocimiento de los motivos manieristas; sobre dos pilastras cajeadas con anillos, motivo de filiación italiana que se remonta al menos a Giuliano de Sangallo y Rafael, pero que es frecuente en el renacimiento andaluz,²⁴ se dispone un arco con tres fajas y una cartela de cuero recortado en la clave, sobre la que campea el nombre de la Inmaculada Concepción y la fecha de 1710, que según Gila debe de corresponder a una restauración posterior.

Es interesante constatar que el 6 de Septiembre da las condiciones y se compromete a realizar la consolidación de un adarve junto a las casas del señor Ruy Díaz en Castillo de Locubín. Esta obra utilitaria es significativa por varios motivos. Además de comprobar que de nuevo figura Aranda a la vez como proyectista y constructor, es interesante ver que aparece por primera vez vinculado a una obra de fortificación o al menos de contención, quehacer que volverá en otras etapas de su vida; también es de destacar que las medidas utilizadas en las condiciones son la *vara* y la *tercia* o pie, que aparecen en los *Cerramientos*, especialmente al tratar de los *caracoles*. También realizaría este año o el siguiente una obra en la entrada de Alcalá la Real desde su villa de Castillo de Locubín, quizá una puerta como las que aparecen en su manuscrito.²⁵

Este año de 1585 es importante no sólo en lo profesional sino en lo personal. Algo antes del 10 de Marzo debió de casarse con María de Morales,²⁶ que aporta al matrimonio más de cien mil maravedís, frente a treinta y siete mil que lleva

²³ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 60 v.

²⁴ Por ejemplo en las pilastras que flanquean el hueco de la portada del Hospital de la Sangre en Sevilla, obra con la que se pueden relacionar otras de Aranda, o en la entrada a la Casa de Pilatos, del genovés Antonio Maria Aprile. V. José María CAMÓN AZNAR, *La arquitectura y la orfebrería española del siglo XVI*, Madrid, Espasa Calpe, 1959, p. 130; Damián BAYÓN, *Architecture en Castile au XVIe siècle*, París, 1967, p. 168 de la tr. española; Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, pp. 113-114.

²⁵ Condiciones y contrato para un adarve junto a las casas del señor Ruy Díaz de Mendoza en Castillo de Locubín, de 16 de Septiembre de 1585; Archivo Histórico Provincial de Jaén, Legajo 5675, f. 105 v-108. V. Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », p. 70, y *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 272-273, y p. 188 y ss. del Tomo III de este trabajo.

²⁶ Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 91, hace a María de Morales «la labriega rica del pueblo». Esto parece una exageración debida a la confusión entre Juan Galán Gallego, padre de María de Morales, con posición económica desahogada, pero nada más, y Juan Galán de la Bella, «hacendado castillero de ilustre linaje» según Lázaro GILA MEDINA; v. de este autor, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », pp. 67, 70 y 80, y *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 272.

Figura 6. Bóveda de la capilla de la Concepción en San Juan de Alcalá la Real.

Figura 7. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 63 v.

Figura 8. Bóveda del crucero. Iglesia de San Pedro. Castillo de Locubín.

Figura 9. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 65.

Aranda. En esa fecha compran una tierra de labor a censo; el dato es importante porque inicia la práctica del matrimonio de adquirir bienes rústicos o urbanos o hacer negocios; así complementan los ingresos que le reportaba a Ginés la práctica de la cantería, lo que resultará decisivo en la vida profesional del maestro. También nos dice el dato que no pasaban estrecheces, pues disponían de capacidad para invertir, pero que tampoco nadaban en la abundancia, ya que de lo contrario hubieran pagado en el acto y no a través de la onerosa fórmula del censo. Entre 1585 y 1588 debió de nacer en el Castillo el primer hijo del matrimonio, Ginés, que heredará los apellidos paternos.

Quizá por aquellos años fue cuando intervino Ginés Martínez de Aranda en la desaparecida ermita de la Inmaculada²⁷ y en la iglesia de San Pedro de Castillo de Locubín. La historia de este último templo es algo confusa. Dejando aparte el cuerpo bajo de la torre, de la primera mitad del siglo, en 1575 se inician las obras de la capilla mayor con trazas de Alonso Barba, que por aquellos años sucede a Andrés de Vandelvira como maestro mayor de la Catedral de Jaén, y ejecución de Juan de Bolívar el Mozo,²⁸ hermano del Miguel de Bolívar que colaboraba con Martínez de Aranda en la ermita de la Concepción de Alcalá. El desarrollo de la obra debió de ser accidentado, pues el Abad le quitó al contratista las obras en 1576 para volvérselas a dar a renglón seguido. Juan de Bolívar muere entre 1578 y 1580, pero de lo gastado hasta 1580, cerca de medio millón de maravedís, se deduce que la obra debió de avanzar bastante en aquellos años. A partir del óbito de Juan de Bolívar pudo encargarse de las obras Martínez de Aranda, que en 1593 recibía un pago del mayordomo de la iglesia por lo que le debía de la obra que hizo en el templo.²⁹

No está claro qué elementos de la construcción se deben a Martínez de Aranda; desde luego no se puede contar entre su obra la nave del templo, realizada por su sobrino Juan de Aranda Salazar entre 1627 y 1632 con trazas de Ginés Martínez de Salazar, primo de Ginés Martínez de Aranda.³⁰ Por tanto quedan como posibilidades la bóveda de la capilla mayor [8] y la portada lateral. La cubrición de la capilla puede corresponder a Aranda por razones técnicas y estilísticas. En primer lugar, se trata como en la de la Concepción de San Juan de Alcalá, de una obra de cantería notable. De nuevo nos encontramos una cúpula

²⁷ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 106.

²⁸ Rafael ORTEGA SAGRISTA, «Alonso Barba, maestro mayor de las obras de la Catedral de Jaén», *Paisaje*, 1951, p. 122; Fernando CHUECA GOITIA, *Andrés de Vandelvira, arquitecto*, p. 160 de la ed. de 1995. Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 24, 34, 108, 112, 237-238.

²⁹ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 111-114, 276.

³⁰ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 108-110, 114.

esférica sobre pechinas, y de nuevo se apareja por dovelas que incluyen los nervios, y no mediante la solución posgótica «por cruceros».

Pero aquí aparecen rasgos más originales. En primer lugar, aunque se divide en casetones, no se trata de los casetones italianizantes dispuestos según paralelos y meridianos de acuerdo con el modelo del Panteón romano, sino de divisiones trazadas proyectando una cuadrícula sobre la superficie esférica, al modo de la «Capilla redonda por cruceros cuadrados» del manuscrito de Alonso de Vandelvira.³¹ Existen sin embargo tres diferencias muy significativas respecto al «corte» del maestro de Sabiote: en primer lugar y como en San Juan de Alcalá, Aranda no apareja su bóveda «por cruceros» como Vandelvira [9], sino que obtiene los nervios tallando las dovelas. Otra diferencia importante es que mientras Vandelvira dispone sus nervios paralelos y perpendiculares al borde de la página, Aranda gira los suyos cuarenta y cinco grados respecto al eje de la nave, sacando partido de la geometría de la bóveda. Si los nervios son paralelos a los ejes de la iglesia y queremos evitar que se crucen dos nervios en el polo para dejar un casetón en la clave, los nervios no se encontrarán en la intersección de los ejes con el perímetro de la bóveda; pero si por el contrario los nervios giran cuarenta y cinco grados respecto a los ejes, se cortarán dos nervios donde los ejes encuentran a la imposta de la bóveda. El resultado estético es una tensión que no llega a desencadenarse y que tiene mucho de manierista: percibimos en primer lugar nervios girados, lo que comporta una sensación de inestabilidad, pero casi inadvertidamente, la unión de dos nervios, imposta y ejes nos da cuatro puntos que anclan visualmente la bóveda a la geometría de la iglesia.

Por otra parte, la sequedad geométrica de la molduración recuerda a una línea de iglesias singulares que quizá tenga su origen en los arcos entre presbiterio y girola de la catedral de Granada o en las bóvedas del Patio de los Óleos de la sevillana y que pasa por puntos tan distantes como la parroquial de Cazalla de la Sierra, la de Huéscar, la de San Sebastián de Soreasu en Azpeitia y la catedral de la Mérida novohispana.³² Un precedente en la zona, de pequeña escala, es la capilla lateral de la ermita de San Marcos en Alcalá la Real, atribuida por Gila a Martín de

³¹ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 65 r.

³² Enrique MARCO DORTA, *Arte en América y Filipinas*, Madrid, Plus-Ultra, 1958, p. 86, 94-97; José María CAMÓN AZNAR, *La arquitectura y la orfebrería española del siglo XVI*, p. 19, 119; Fernando CHUECA GOITIA, *Historia de la Arquitectura Española*, Madrid, Dossat, 1965, p. 575; Alfredo J. MORALES, «La simultaneidad de lenguajes en la arquitectura americana», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, Madrid, Fundación Argentaria, 1998, p. 271; Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Crucería*, Valladolid, Universidad, 1998, pp. 115-116, 118-120.

Hay que tener en cuenta la discutida intervención de Siloé en la sacristía mayor sevillana, a la que se refiere Manuel GOMEZ-MORENO, *Diego Siloé. Homenaje en el IV centenario de su muerte*, Universidad de Granada, 1963, p. 39 y Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, Madrid, Taurus, 1989, pp. 403-404.

Bolívar.³³ Todavía encontramos otro rasgo singular: los arcos torales se distancian ligeramente de las paredes, dejando rehundidos entre arco y muro que recuerdan la solución adoptada por Andrés de Vandelvira en la iglesia del Hospital de Santiago de Úbeda, en el encuentro entre la bóveda vaída de la nave y el presbiterio.³⁴ Tres de los rehundidos están tratados con anillos como las pilastras cajeadas de la Concepción de Alcalá; la disposición de este motivo en curva es rara, y no parece que Aranda pudiera conocer la capilla Sassetti de Santa Trinità de Florencia, de Giuliano da Sangallo.³⁵ Frente a una composición de tal sequedad geométrica, contrastan las ménsulas situadas bajo el arco toral, rematadas en máscaras, que Galera relaciona con Francisco del Castillo;³⁶ no hay nada extraño en esta influencia si tenemos en cuenta que Castillo había dado junto con Andrés de Vandelvira una «traza» para el puente Mazuecos de Baeza, admirada por Francisco de Aranda el Viejo,³⁷ y que había trabajado no sólo en Martos, relativamente próxima a Alcalá la Real, sino en Priego, dependiente de la Abadía de la Mota, en la década de los ochenta.³⁸

La portada lateral, en mal estado de conservación en la actualidad, se compone a base de pilastras rematadas en triglifos, o más bien biglifos, coronado por frontones partidos rectos que enmarcan un arco de medio punto. Tanto las pilastras rematadas en triglifos como los frontones partidos rectos son motivos empleados por Francisco del Castillo en la fachada de la Chancillería de Granada; significativamente, los triglifos sobre pilastras parecen derivar del *Premier tome de l'Architecture* de Philibert de L'Orme.³⁹

³³ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 144.

³⁴ Fernando CHUECA GOITIA, *Andrés de Vandelvira, arquitecto*, p. 209 de la ed. de 1995.

³⁵ André CHASTEL, *Art et humanisme a Florence au temps de Laurent le Magnifique*, París, PUF, 1959 (Tr. esp. de Luis López Jiménez y Luis Eduardo López Esteve, *Arte y Humanismo en Florencia en la época de Lorenzo el Magnífico*, Madrid, Cátedra, pp. 178-179 y lám. XXX).

³⁶ Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 97; v. también Fernando CHECA, «El estilo clásico», en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, p. 359.

³⁷ José Policarpo RUIZ CABRERA, «Una obra desconocida de Andrés de Vandelvira y Francisco del Castillo: el puente Mazuecos de Baeza», *Archivo Español de Arte*, 1995, pp. 383-385.

³⁸ Rafael LÓPEZ GUZMÁN, «Francisco del Castillo y la arquitectura: reflexiones sobre el manierismo en Andalucía Oriental», *Periferia*, 1987, p. 108; «Arquitectura civil de Francisco del Castillo en Martos», *Cuadernos de Arte*, 1984, pp. 173-181; Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura ...*, pp. 64-65, 177-198, 210-216.

³⁹ Philibert DE L'ORME, *Le Premier Tome De l'Architecture*, 1567, f. 237, 239, 241; Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 97; Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 112.

En 1587 los Aranda se trasladan a vivir a Alcalá la Real.⁴⁰ El cambio supone un salto importante en la carrera del maestro; no tanto porque aborde obras en Alcalá, que ya hemos visto que las emprendía desde el Castillo, sino porque los encargos serán cada vez más importantes, sobre todo a partir del momento en que traba conocimiento con el abad don Maximiliano de Austria, hijo bastardo del archiduque Don Fernando de Austria, después emperador.⁴¹

En Alcalá la Real y vinculados a la iglesia abacial de la Mota habían trabajado dos personajes significativos del Renacimiento granadino, Martín de Bolívar y Juan de Marquina. Martín de Bolívar aparece en 1541 como maestro mayor de la iglesia. Había trabajado en el Hospital Real de Granada, en el círculo de Diego de Siloé y de Juan de Marquina, en la cabecera y torre de la iglesia de Illora y en la de Moclín.⁴² A su vez Marquina, que dio poderes en 1546 a Martín de Bolívar para que cobrase en Alcalá todo lo que se le adeudaba, había trabajado a las órdenes de Enrique Egas en el Hospital Real de Santiago de Compostela;⁴³ aparece en 1521 junto a Francisco Florentino, contratando las obras de la iglesia de la Asunción de Moratalla. Parece ser que la mayor parte de la década de los veinte la pasó en Murcia, tal vez colaborando con Jacopo Torni, llamado en Italia «l'Indaco vecchio» y en nuestro país Jacobo Florentino.⁴⁴ Quizá trabajó después junto a

⁴⁰ Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », p. 71; *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 274.

⁴¹ V. para esto Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 92; Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», en la ed. de 1986 de los *Cerramientos*, p. 21 y Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 22, 24, 270. Carmen JUAN LOVERA, «Iglesia abacial de Santa María de la Mota de Alcalá la Real. La Pulchra ignota», *Boletín de Bellas Artes. Sevilla*, 1988, p. 154, afirma que don Maximiliano era hijo natural de don Leopoldo, obispo de Córdoba, hijo natural a su vez del emperador Maximiliano.

⁴² Concepción FÉLEZ LUBELZA, *El hospital Real de Granada*, Granada, Universidad, 1979, p. 164-166; Rafael LÓPEZ GUZMÁN, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, Granada, Diputación, 1987, pp. 605, 609-611; José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, «Relaciones artísticas entre Jaén y Granada en los inicios de la modernidad: Aproximación a una corriente histórica», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 1989, pp. 65-66.

⁴³ Pablo PÉREZ COSTANTI, *Diccionario de artistas que florecieron en Galicia durante los siglos XVI y XVII*, Santiago de Compostela, Seminario Central, 1930, pp. 357-358.

⁴⁴ Giorgio VASARI, *Le vite de' più eccellenti architetti, pittori et scultori italiani*, Florencia, Lorenzo Torrentino, 1550, pp. 528-529; Manuel GÓMEZ-MORENO, «En la Capilla Real de Granada», *Archivo Español de Arte y Arqueología*, 1925, pp. 272-77; Concepción FÉLEZ LUBELZA, «Francisco Florentino. Nuevas observaciones sobre la presencia italiana ...», en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, Universidad de Granada, 1976, pp. 278-279; *El hospital Real de Granada*, pp. 122-127, 129; Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, Murcia, Consejería de Cultura, 1987, p. 61; Rafael LÓPEZ GUZMÁN, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, Granada, Diputación, 1987, p. 670. Se ha llegado a plantear que la fuente de los Álamos de Alcalá la Real, terminada en 1552 e incluso las primeras fases de la Abadía,

Jerónimo Quijano, pero la colaboración debió de ser corta, pues en 1529 está en Granada, labrando portadas como las de San Andrés y del Colegio Imperial, de 1530, la del colegio de Niñas Nobles por las mismas fechas y la de San Cecilio, de 1534; probablemente trabajó también en el Hospital Real.⁴⁵ Pero su verdadera vocación era la de aparejador y no la de arquitecto, y pronto pasa a las obras del Palacio de Carlos V, como colaborador de Pedro Machuca.⁴⁶

Así Marquina fue un hombre clave en el palacio de la Alhambra, donde debió de intervenir en la bóveda bajo la capilla.⁴⁷ De la colección de bóvedas de la catedral de Murcia es bien conocida la de la capilla de Gil Rodríguez de Junterón, la «bóveda de Murcia» por antonomasia que recoge Alonso de Vandelvira, pero lo son menos otras piezas de gran interés como la bóveda rebajada de gallones y los capitalizados de la sacristía, la «bóveda en vuelta capazo» o en espiral de la

especialmente la Capilla del Deán son obra de Jacopo Torni, pero la atribución es muy dudosa. V. Carmen JUAN LOVERA, «Iglesia abacial de Santa María de la Mota de Alcalá la Real. La Pulchra ignota», p. 150; Pedro GALERA ANDREU, «Jaén gótica», en *La España gótica. Andalucía*, Madrid, Encuentro, 1992, p. 151, y Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo: estudio histórico sobre el Escorial de Felipe II*, Madrid, Alpuerto, 1994, pg. 395, 396: en 1575 concurre a la adjudicación de los destajos de la Basílica del Escorial Juan Doriano, maestro mayor de las iglesias de Guadix y Baza, que en otros documentos aparece como Juan de Riaño; tiene cincuenta años y ha hecho en Alcalá la Real «unas fuentes [...] muy buenas».

⁴⁵ Antonio GALLEGO BURÍN, *Granada. Guía histórica y artística de la ciudad*, Granada, 1936, pp. 168, 253-254, 274, 312, 319 de la ed. de 1993, actualizada por Francisco Javier GALLEGO ROCA da 1533 para San Cecilio; Concepción FÉLEZ LUBELZA, *El hospital Real de Granada*, pp. 127-129, 137, 139; Rafael LÓPEZ GUZMÁN, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, pp. 235, 251, 495-497, 641-643, 688-689; Earl E. ROSENTHAL, *The Palace of Charles V in Granada*, Princeton, Princeton University Press, 1985 (Tr. española de Pilar Vázquez Álvarez, *El Palacio de Carlos V en Granada*, Madrid, Alianza Forma, 1988, p. 99); v. también Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 397-398, que plantea la posible intervención de Siloé en el Colegio Imperial.

⁴⁶ Manuel GÓMEZ-MORENO, «En la Capilla Real de Granada», *Archivo Español de Arte y Arqueología*, 1925, pp. 283-84, y *Las águilas del Renacimiento español*, pp. 109-111 de la ed. de 1983; Concepción FÉLEZ LUBELZA, *El hospital Real de Granada*, p. 160; Earl E. ROSENTHAL, *The Palace of Charles V in Granada*, pp. 55-56 de la trad. española; Alfredo J. MORALES, «Tradición y modernidad», en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, Madrid, Cátedra, 1989, pp. 101, 104; Rafael LÓPEZ GUZMÁN, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, p. 269.

⁴⁷ Earl E. ROSENTHAL, *The Palace of Charles V in Granada*, p. 62, dice respecto a la bóveda bajo la capilla: «No tenemos pruebas contundentes de que Pedro Machuca estuviera capacitado, en los años centrales de la década de 1530, para realizar un diseño de cantería tan complejo, ni tampoco se puede encontrar una construcción similar en ninguna de las obras en que colaboró Juan de Marquina, de modo que sólo nos queda suponer que el obrero mayor, Gonzalo de Lorca, fue el experto oficial que detalló la[s] instrucciones para su construcción», pero en la p. 55 ha admitido que «no sabemos nada sobre la preparación y actividades anteriores de Gonzalo de Lorca». Ahora bien, según Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, p. 61, publicado casi simultáneamente a la obra de Rosenthal, Marquina pudo participar en la construcción del primer cuerpo de la torre de la catedral de Murcia, donde hay piezas comparables con la bóveda bajo la capilla en concepto y calidad, si no en tamaño, como la bóveda de gallones de la sacristía; a la luz de estos datos, la candidatura de Marquina es tan fuerte o más que la de Gonzalo de Lorca. Marquina no pudo participar en la bóveda anular del patio, ejecutada entre 1562 y 1568, porque fallece o se retira en 1553 ó 1554, pero quizá sí en su

antesacristía y la bóveda cubierta por una superficie de traslación del paso entre ambas; es posible que Marquina interviniera en este grupo de obras en colaboración con Torni y Quijano.⁴⁸

La iglesia de la Mota [10] arrastraba una historia larga y compleja. Alrededor de 1530 se registra en las cuentas un importante movimiento que correspondería al inicio de la iglesia que conocemos, según Gila,⁴⁹ y hay que considerar a Martín de Bolívar tracista de la nueva iglesia, que Gila relaciona con el grupo de iglesias columnarias vascas, con soportes circulares con baquetones y bóvedas de crucería.⁵⁰ Sin embargo, la iglesia de la Mota no es un ejemplo aislado en el Sur: los templos columnarios, o si se prefiere iglesias-salón, prácticamente son un invariante en los

concepción; no hay que olvidar que se trata de una superficie tórica como la de la capilla de Junterón de la catedral de Murcia. V. Earl E. ROSENTHAL, *ibid*, pp. 104, 122.

⁴⁸ Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, p. 61: «Probablemente [Marquina] tomó parte en la construcción de la torre de la catedral de Murcia, primero con Francisco y luego con Jacobo Florentín, lo que explicaría su desaparición de Granada entre 1521 y 1529 y su experiencia arquitectónica cuando se enfrentó con los encargos desarrollados en el Hospital Real y en el Palacio de Carlos V». La autora no lo dice expresamente, pero si lo que justifica su desaparición de Granada entre 1521 y 1529 es su presencia en Murcia, en tal caso hubo de coexistir con Quijano desde 1526, fecha en la que el artista cántabro aceptó la maestría de la Catedral, hasta 1529. Sobre estas obras, v. además Manuel GONZÁLEZ SIMANCAS, «La catedral de Murcia. Noticia de su fábrica y obras artísticas», *Revista de Archivos, Bibliotecas y Museos*, 1911; Andrés BAQUERO ALMANSA, *Rebuscos*, pp. 129-141, 155-161 de la ed. de 1982; del mismo autor, *Catálogo de los profesores de las Bellas Artes Murcianos*, pp. 41-46, 47-51; Concepción FÉLEZ LUBELZA, *El hospital Real de Granada*, p. 125, que adelanta su presencia en Granada a 1528; Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, «Jerónimo Quijano, un arquitecto del Renacimiento», *Goya*, 1977; Alfredo VERA BOTÍ, *La Torre de la Catedral de Murcia. De la teoría a los resultados*, Murcia, Academia Alfonso X, 1993, pp. 14-19, 30, 106-109; del mismo autor et. al., *La catedral de Murcia y su Plan Director*, Murcia, Colegio de Arquitectos, 1994, pp. 97-107; sobre el papel de la *montea* en Quijano y los maestros que le sucedieron en la diócesis de Cartagena, v. Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 434.

⁴⁹ Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 98 recoge la tesis de Carmen JUAN LOVERA «Iglesia abacial de Santa María de la Mota de Alcalá la Real. La Pulchra ignota», p. 150, según la cual la iglesia estaría vinculada a Diego de Siloé y Jacopo Torni; la primera atribución se basa en Pascual MADÓZ, *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España ...*, Madrid, 1846, t. I, p. 389, mientras que para la segunda no se cita fuente documental alguna. V. sobre todo Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 69.

⁵⁰ V. Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 54, 59, 69, 229. V. sobre iglesias-salón vascas Fernando CHUECA GOITIA, *Historia de la Arquitectura Española*, pp. 574-575; José María CAMÓN AZNAR, *La arquitectura y la orfebrería española del siglo XVI*, pp. 119-120; Castor de URIARTE, *Las iglesias «Salón» vascas del último período del gótico*, Labastida, Castor Uriarte - Odiak-Alde, 1978 y María Asunción ARRÁZOLA ECHEVERRÍA, *El Renacimiento en Guipúzcoa*, San Sebastián, Diputación, 1967. Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, Jaén, Instituto de Estudios Giennenses, 1982, p. 98, y «Arquitectura en el Reino de Jaén», *Historia del Arte en Andalucía*, Sevilla, Geber, 1994, vol. 4, p. 163, no va tan lejos a buscar pilares de baquetones, sino que los encuentra en la ampliación de la iglesia de Mengíbar a cargo de Alonso Barba hacia 1580; v. también Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura ...*, pp. 34-35, que parece relacionar los pilares de Mengíbar con Francisco del Castillo el Viejo, lo que adelantaría la fecha hacia 1560. Se puede señalar asimismo el precedente más lejano de Villarrobledo: v. Alfonso Emilio PÉREZ SÁNCHEZ, «Arte», en *Tierras de España. Murcia*, Madrid, Noguer-March, 1976, pp. 186, 189.

Figura 10. Planta de techos de la iglesia abacial de La Mota en Alcalá la Real.

Figura 11. Sebastiano Serlio, Tutte l'opere d'architettura, f. 217.

Figura 12. Philibert de l'Orme, Le premier tome de l'Architecture, f. 275.

territorios dependientes del priorato santiaguista de Uclés y las zonas limítrofes.⁵¹ Las más antiguas, Lillo del último tercio del siglo XV, Quintanar de la Orden y Villanueva de Alcardete comenzadas en los primeros años del XVI, se sitúan en las áreas más septentrionales y más próximas a la casa madre.⁵² En los años treinta se empiezan a buscar soluciones para convertir al lenguaje clásico el viejo tipo medieval, que era funcionalmente satisfactorio, pues al contar con tres naves, daba una iglesia suficiente para una población de tamaño medio,⁵³ la unidad espacial obtenida al disponer las tres naves de igual altura con soportes lineales y no con muros favorecía la predicación e incluso la acústica ayudaba en estos fines.⁵⁴ El experimento se emprende casi simultáneamente en Albacete, donde Diego Siloé y Jerónimo Quijano intervienen hacia 1536, y en Caravaca, cuya Iglesia del Salvador traza Quijano desde los fundamentos en 1537.⁵⁵

Un elemento digno de mención es la capilla bautismal, que ocupa el primer cuerpo de la torre. Se cubre con una bóveda de casetones y trazado en falso óvalo muy rebajada,⁵⁶ que se puede relacionar con algunas bóvedas de Quijano y su entorno, como la del vestíbulo de la capilla de Gil Rodríguez de Junterón, en la que encontramos una proporción similar, con el rectángulo intermedio muy corto, gallones y un núcleo central relacionados con la capilla alcaláina; la de la cabecera de Santa María de Chinchilla, trazada en 1538 por Quijano, que se divide en dos

⁵¹ Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura ...*, p. 90. Sobre el centralismo de los maestros de Uclés, v. Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Arquitectura, economía e Iglesia en el siglo XVI*, Madrid, Xarait, 1987, pp. 55-68. V. también en un contexto más general Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 101-112, 117-118; John D. HOAG, *Rodrigo Gil de Hontañón. Gótico y Renacimiento en la arquitectura española del Renacimiento*, Madrid, Xarait, 1985, pp. 20-21. (Tr. de Pilar Navascués de una tesis doctoral presentada en la Universidad de Yale en 1958, revisada por el autor en 1985), Antonio CASASECA CASASECA, *Rodrigo Gil de Hontañón (Rascafría, 1500 - Segovia, 1577)*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1988, pp. 45-47, y Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Crucería*, Valladolid, Universidad, 1998, pp. 202-213.

⁵² José María de AZCÁRATE, «Iglesias toledanas de tres naves cubiertas con bóvedas de crucería», *Archivo Español de Arte*, 1958, pp. 218-219, 224-232.

⁵³ V. Rodrigo GIL DE HONTAÑÓN, *Manuscrito*, f. 3 - 3v.

⁵⁴ Damián BAYÓN, *Architecture en Castile au XVIe siècle*, París, 1967, p. 290 de la tr. española; Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 111-112.

⁵⁵ V. en general Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 434-436, 449; para San Juan de Albacete, Luis Guillermo GARCIA-SAÚCO BELÉNDEZ, *La Catedral de San Juan Bautista de Albacete*, Albacete, Instituto de Estudios Albacetenses, 1979, y para el conjunto de las iglesias columnarias de la diócesis de Cartagena, Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, pp. 279-352. También son interesantes las actuaciones de aquella época en los ámbitos a los que llega la influencia toledana, como la colegiata de Baza, donde Alonso de Covarrubias daba parecer en 1533, y la iglesia de Carabaña, de Bartolomé de Bustamante e iniciada precisamente en 1537; v. Luis MAGAÑA BISBAL, «Alonso de Covarrubias y la Iglesia Mayor de Baza», *Archivo Español de Arte*, 1954, pp. 35-45; Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo. A documentary and stylistic study on spanish architecture in the mid-sixteenth century*, Nueva York, Garland, 1977, p. 119; Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, p. 213.

⁵⁶ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 63, 66.

zonas central y perimetral como la de Alcalá, con la zona perimetral de casetones; o la de una capilla en la iglesia «vieja» de Yecla con zona central y perimetral de casetones.⁵⁷ También se puede pensar en la bóveda en falso óvalo del zaguán oriental del Palacio de Carlos V, pero hay que tener en cuenta que la actual es una restauración, que Francisco de Potes todavía estaba estudiando su construcción en 1625 y que no conocemos en detalle como pretendían aparejarla Machuca y Marquina.⁵⁸ Por otra parte, los gallones, el fuerte rebajamiento y sobre todo la guirnalda exterior de la bóveda de La Mota recuerdan la cubrición de la sacristía de la catedral de Murcia, terminada en 1525 por Torni, quizá con intervención de Marquina.⁵⁹

Todo esto nos lleva a pensar que en esta fase de las obras de la abadía se reúnen dos corrientes de influencias muy diversas: la tradición tardogótica vasca, que Marquina y Bolívar debían de conocer bien, y el primer renacimiento murciano y granadino, del que Marquina tenía conocimiento de primera mano, tanto por su obra propia como por su colaboración con Francisco Florentín y Machuca, y tal vez con Torni y Quijano.

En cualquier caso, en época de Marquina y Bolívar sólo se completan dos tramos de la planta original de iglesia salón, que según Gila, harían las veces de antesala de la vieja iglesia mudéjar, y los dos primeros cuerpos de la torre. Desde la muerte de Martín de Bolívar en 1556 hasta que Don Maximiliano de Austria es designado abad en 1582 no se registran avances importantes en la obra, excepto el tercer cuerpo de la torre.⁶⁰ Por iniciativa del abad, Ambrosio de Vico, que ejerce

⁵⁷ Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, pp. 175, 204-211, 369-370. V. también José María GENTIL BALDRICH, «La traza oval y la Sala Capitular de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica», en *Quatro edificios sevillanos*, Sevilla, Colegio de Arquitectos, 1996, p. 113, que incluye además en este grupo de bóvedas la del presbiterio de la Sacristía Mayor de la Catedral de Sevilla de Martín de Gainza, la del Arco de Jamete de Cuenca, y las posteriores de la capilla bautismal de San Nicolás de la Villa en Córdoba, de Hernán Ruiz el joven y de la capilla bautismal de San Nicolás de Úbeda, de Andrés de Vandelvira.

⁵⁸ Earl E. ROSENTHAL, *The Palace of Charles V in Granada*, p. 155 de la trad. española; José María GENTIL BALDRICH, «La traza oval y la Sala Capitular de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica», pp. 112-113.

⁵⁹ Emilio GÓMEZ PIÑOL, *Jacobo Florentino y la obra de talla de la Sacristía de la Catedral de Murcia*, Murcia, 1970; Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, pp. 135-136; Alfredo VERA BOTÍ, *La Torre de la Catedral de Murcia. De la teoría a los resultados*, Murcia, Academia Alfonso X, 1993, pp. 106-107; del mismo autor et al., *La catedral de Murcia y su Plan Director*, Murcia, Colegio de Arquitectos, 1994, pp. 97-99; Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 69, adjudica a Marquina en la abadía no esta bóveda pero sí la portada de la capilla de San Pedro.

⁶⁰ Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», en *Cerramientos y trazas de monte*, 1986, p. 20, y José MANUEL GÓMEZ-MORENO CALERA, «Relaciones artísticas entre Jaén y Granada en los inicios de la modernidad: Aproximación a una corriente histórica», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 1989, p. 70, hablan de la intervención en la iglesia de

desde 1586 como maestro mayor de la catedral de Granada,⁶¹ traza la ampliación de la iglesia; contra las tres naves de Bolívar ha de entestar una única nave, que se cubriría con una bóveda rebajada de ladrillo.⁶² Llevar a la realidad este proyecto va a corresponder a Ginés Martínez de Aranda y Miguel de Bolívar el mozo, que en 1589 dirigen la ejecución de las obras por otros canteros, realizándose la bóveda de ladrillo en 1599.⁶³

Gila da por supuesto que la disposición general de la nave corresponde a las trazas de Vico y que Martínez de Aranda y Bolívar se limitan a dirigir la ejecución, mientras que se pueden adscribir a Aranda las tres portadas laterales de la iglesia.⁶⁴ La solución de la nave es ciertamente singular, aunque puede venir dada por una interpretación peculiar de algunas secciones de Serlio o De L'Orme [11,12].⁶⁵ En todo su perímetro se dispone una bóveda pétrea de cañón en pescante atravesada por lunetos; la bóveda de ladrillo apoya, con buen sentido constructivo, no sobre el borde de la bóveda en pescante sino sobre la coronación de los muros que

Lázaro de Velasco, hijo de Jacopo Torni, clérigo, pintor de libros y maestro mayor de la catedral de Granada, quizás siguiendo a Carmen JUAN LOVERA; v. al respecto de esta autora «Iglesia abacial de Santa María de la Mota de Alcalá la Real. La Pulchra ignota», *Boletín de Bellas Artes. Sevilla*, 1988, pp. 153-154; pero en Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, no se encuentran trazas de su presencia. V. esp. pp. 68, 70, 72, 270. Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, p. 116, y Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 92, dan 1582 como fecha de llegada de don Maximiliano a la Abadía.

⁶¹ Rafael LÓPEZ GUZMÁN, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, p. 714.

⁶² La bóveda de ladrillo ha dado lugar a una polémica centenaria. Antonio Ponz, que vio el templo antes de su incendio por los franceses en 1812, dice que estaba cubierto «con una gran bóveda rebajada de más de veinte varas de largo y dieciocho de ancho». El comentario es digno de crédito por el relativo rigor de las medidas y la prudencia en la forma de darlas; si para Ponz la bóveda tiene más de dieciséis metros y medio por quince, acudiendo al plano publicado por Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...* p. 52, tenemos longitudes libres de aproximadamente dieciocho por dieciséis. Sin embargo Pascual MADOZ, *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España*, Madrid, 1846, t. I, p. 389, treinta y cinco años después del incendio dice que «toda la nave [...] está cortada con pilastras elegantes que sostienen un arranque de arco, como de 2 varas al rededor, sobre el que se apoyaba un magnífico artesonado de maderas muy bien labradas». A partir de ahí diversos estudiosos han opinado a favor de la bóveda o del artesonado, hasta el hallazgo por Francisco Martín Rosales del contrato para ejecutar la bóveda.

⁶³ Pedro GALERA ANDREU, «Una familia de arquitectos jiennenses: los Aranda. Estudio genealógico», p. 12 habla de la labor desarrollada por Aranda en la iglesia abacial durante las dos últimas décadas del siglo XVI; sin embargo en *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 98, afirma basándose en Carmen JUAN LOVERA que Aranda no pudo intervenir porque la iglesia se terminó en 1587; Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 24, 34, 38-39, 49, 54, 76, 78, 274, 316, 323, demuestra claramente la intervención de Aranda.

⁶⁴ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 73. V. también José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, «Relaciones artísticas entre Jaén y Granada en los inicios de la modernidad: Aproximación a una corriente histórica», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 1989, p. 70.

⁶⁵ Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'architettura*, L. V. f. 216 v., 217 v., 218 r. Philibert DE L'ORME, *Le Premier Tome De l'Architecture*, f. 275. V. también Rudolf WITTKOWER, *The 'Menicantonio' Sketchbook in the Paul Mellon collection*, 1970, pp. 91-108 (Conferencia en el Congresso Internazionale di Studi Bramanteschi, Roma, 1970. Ahora en *Idea and Image*, Londres, Thames and Hudson, 1978, p. 102-103).

sobresalen. Aunque el diseño de la bóveda en pescante pueda corresponder a Vico, Martínez de Aranda lo consideró un tema de gran interés, pues dos trazas de los *Cerramientos* derivan de esta excepcional solución, el *Corredor volado sin columnas formado de arcos por arista por robos* y el *Corredor volado sin columnas formado de arcos avanzados*.⁶⁶

Ahora bien, entre la ejecución de la bóveda, que debió de terminarse en 1598 y 1599, y la redacción definitiva de los *Cerramientos* que como veremos se puede datar en las dos primeras décadas del siglo XVII, se ha producido una reflexión que permite ver las cosas de una forma más precisa. En efecto, la iglesia de Alcalá se resuelve mediante lunetos apuntados, es decir, los que resultan de la intersección del cilindro de la bóveda en pescante con dos planos verticales oblicuos al eje de la bóveda; si el luneto obtenido así se proyecta sobre el plano vertical que pasa por la imposta de la bóveda, se genera un arco apuntado.⁶⁷ En cambio en los *Cerramientos* no se da esta solución, sino dos bien diferentes; se distingue con claridad el *arco avanzado*, que corresponde al luneto de nuestros textos de geometría descriptiva, producto de la intersección de dos cilindros de radios diferentes y que da una curva sin puntos angulosos; y el que se produce cuando los cilindros que se cortan son del mismo radio, caso que corresponde al de la bóveda por arista, en el que el luneto de cuarto grado degenera en dos elipses; sólo en este caso encontramos en los *Cerramientos* que el luneto corresponde a la intersección de la bóveda de cañón con dos planos. Es curioso comprobar que en el testero de la iglesia, realizado en 1623 con trazas de Ambrosio de Vico, quizá basadas en otras hechas anteriormente por este maestro junto con Aranda, se opta por la solución de los *arcos avanzados*; pero al año siguiente, a resultas de un informe de Luis González, yerno de Aranda, se ponen tarjetas de yeso en sus claves, para disimular el contraste entre los arcos nuevos, *extendidos*, y los antiguos, apuntados.⁶⁸

Gila atribuye tres portadas de la iglesia a Ginés Martínez de Aranda. La meridional [13] se compone alrededor de un marco con mochetas en las esquinas superiores sobre el que apoya un friso de triglifos y un frontón triangular sobre el que campea un escudo de cueros recortados; sobre el frontón asoman flameros; dentro del marco exterior se dispone un arco de medio punto sobre pilastras decoradas con recuadros. Varios elementos de la composición son muy similares a

⁶⁶ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, pl. 109-112.

⁶⁷ En rigor, sólo aparece el arco apuntado más conocido, el formado por dos arcos de círculo, cuando los planos oblicuos forman un ángulo de 45 grados con el eje de la bóveda; en otro caso, se obtiene una figura formada por dos arcos de elipse.

⁶⁸ Carmen JUAN LOVERA, «Iglesia abacial de Santa María de la Mota en Alcalá la Real. La Pulchra ignota», pp. 158-162. Las bóvedas se derrumbaron parcialmente en 1874; no queda rastro de las claves de yeso de Luis González, y la bóveda está tan desfigurada que de no ser por el dato documental, no se podría decir con seguridad si los arcos son apuntados o *extendidos*.

Figura 13. Portada de mediodía de la Abadía de la Mota de Alcalá la Real.

Figura 14. Portada del Cabildo de la Abadía de La Mota en Alcalá la Real.

Figura 15. Reconstrucción de la portada del Perdón de la Abadía de La Mota en Alcalá la Real.

algunos modelos serlianos [16, 17, 19],⁶⁹ como el marco exterior y su relación con el friso y el frontón, los cueros recortados y las pilastras sobre las que apoya el arco, pero de nuevo los detalles recuerdan a Francisco del Castillo, pues los cueros recortados son más elaborados que los que aparecen en Serlio y se acercan a los de la parroquial de Huelma, mientras que la molduración del marco exterior es más fina que la de los modelos serlianos, como en Huelma y en la cárcel de Martos.⁷⁰ Por otra parte, debe tenerse en cuenta que aunque las mochetas en los ángulos superiores del marco aparezcan en varias ocasiones en la obra serliana, también son estas ventanas acodadas un motivo característico de Castillo, que las emplea en la cárcel de Martos, la torre de San Ildefonso de Jaén, San Bartolomé de Andújar y la Chancillería de Granada [21].⁷¹ Los dos remates que asoman por encima del frontón nos hacen pensar en un buen conocedor de la obra de Hernán Ruiz el joven, pues recuerdan vivamente motivos como los remates de las portadas frontal y lateral de la iglesia del Hospital de la Sangre por la posición y a los capiteles-péndolas del interior de la iglesia por su labra.⁷² Todo esto abona la atribución a Aranda que utilizó el motivo del capitel - péndola en la iglesia de Santa Ana, como veremos algo más adelante, y quizá en el cuerpo de la nave del templo alcalaíno de San Juan. La influencia del maestro cordobés, y a través de él la de Serlio, no es extraña si se tiene en cuenta la proximidad de Alcalá la Real a núcleos cordobeses

⁶⁹ El marco exterior puede derivar de Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'architettura*, L. IV, f. 147, 158, 173, 173 v., L. VI, puerta rústica XXV y puerta delicada I ó L. VII, f. 79; los cueros recortados de L. IV, f. 200; las pilastras que enmarcan el arco de L. VI, puertas delicadas III, V. El mejor modelo general es el del L. IV, f. 147, que incluye el marco exterior, el friso y el frontón, pero en lugar de resolver el friso con ménsulas y triglifos planos, se acude únicamente a los triglifos planos. las ménsulas se los extremos del friso; en cualquier caso, del propio texto serliano queda claro que los dos elementos son intercambiables.

⁷⁰ Rafael LÓPEZ GUZMÁN, «Arquitectura civil de Francisco del Castillo en Martos», *Cuadernos de Arte*, 1984, p. 175; Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura en el Renacimiento andaluz*, pp. 124-130, 172.

⁷¹ Rafael LÓPEZ GUZMÁN, «Arquitectura civil de Francisco del Castillo en Martos», *Cuadernos de Arte*, 1984, p. 175; *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, p. 212; «Francisco del Castillo y la arquitectura: reflexiones sobre el manierismo en Andalucía Oriental», *Periferia*, 1987, p. 110; Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura ...*, pp. 148-149, 151-155, 172, 191-198, 198-209 y esp. 204.

⁷² Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Estudio», en *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, p. 40; Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, pássim y especialmente pp. 103-113; Antonio Luis AMPLIATO BRIONES, «Una propuesta evolutiva. La construcción del espacio en la iglesia del hospital de la Sangre, obra de Hernán Ruiz II», *Quatro edificios sevillanos*, Sevilla, Colegio de Arquitectos, 1996, pp. 201-202. Hay que pensar en primer lugar en el Hospital de la Sangre por la importancia de la obra, su situación en Sevilla y la clara semejanza con los capiteles péndolas del interior, pero el motivo aparece también en otros puntos, como Nuestra Señora de la Esperanza de Corterránel, Nuestra Señora de Gracia del Cerro del Andévalo y La Concepción de Gerena, sin contar el f. 65 de su manuscrito, que es un cuaderno personal y que en principio no puede considerarse fuente de Martínez de Aranda.

como Baena y Lucena, donde trabajó Hernán Ruiz, o Priego, de donde procedía su yerno Luis González.⁷³

La portada del Perdón [15], en la fachada norte, presenta doubles pilastras toscanas a ambos lados del arco que bordea el hueco, sobre las que descansa un friso de casetones rematado por dos frontones curvos partidos, sobre el que apoya un ático en el que dos pilastras bordean un hueco adintelado cubierto por un friso y frontones rectos partidos, coronando la composición un escudo. Gila la relaciona con Serlio,⁷⁴ pero el elemento más característico, los frontones partidos, no aparecen en *Tutte l'opere* ..., en la edición de 1584, que era la que se podía manejar en aquellas fechas, ni tampoco en el libro séptimo, a menos que se entienda como tal el frontispicio de los libros segundo y cuarto, con frontones partidos mixtilíneos, que no puede tomarse razonablemente por modelo de esta portada. Sí aparecen en cambio unos singulares frontones curvos partidos [20] en los cuatro frontispicios de los *Libri* palladianos,⁷⁵ con ático adintelado, pero el sentido general de la composición es muy diferente, pues los frontones partidos apoyan sobre dos columnas, el friso y el vano central si existen están ocultos tras las cartelas del título y el medallón central y en lugar de los remates que sobresalen por encima de los frontones partidos en la portada alcalaína tenemos figuras femeninas tocando la trompeta en el frontispicio palladiano; además hay que pensar en la reducida difusión del texto palladiano en Andalucía,⁷⁶ al menos hasta aquellas

⁷³ Antonio de la BANDA Y VARGAS, *El arquitecto andaluz Hernán Ruiz II*, 1975, Sevilla, Universidad, 1974, pp. 38, 71; Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ...», p. 76; del mismo autor, *Arte y artistas del Renacimiento* ..., p. 25; Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, pp. 9-10, 17. Sobre el peso de Serlio en la cultura arquitectónica de Ruiz, v. Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Estudio», en *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, pássim; Teodoro FALCÓN MÁRQUEZ, *La Catedral de Sevilla. Estudio arquitectónico*, Sevilla, 1980, p. 54; Alfredo J. MORALES, «Modelos de Serlio en el arte sevillano», en *Archivo Hispalense*, 1982, pp. 149-168; Jesús María PALOMERO PÁRAMO, «Hernán Ruiz II y las portadas de la casa profesa jesuita de Sevilla», *Boletín del Seminario de Arte y Arqueología*, 1982, pp. 374-377, y en un contexto más amplio, Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 48-52. Sobre la influencia del libro *Estraordinario*, es decir, el VI de la edición de 1600, v. Carlos SAMBRICIO, «La fortuna de Sebastiano Serlio», en Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'architettura...*, Oviedo, Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 1986, p. 111.

⁷⁴ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento* ..., p. 74. Tampoco debe olvidarse la influencia de Serlio en el mundo granadino; v. George E. KUBLER, «Architecture», en *Art and Architecture in Spain and Portugal (1500-1800)*, Hardmondsworth, Penguin, 1959, p. 20; Earl E. ROSENTHAL, *The Cathedral of Granada. A Study in the Spanish Renaissance*, Princeton, 1961 (Tr. española de Juan Santana Lario, *La Catedral de Granada*, Granada, Universidad, p. 234).

⁷⁵ Andrea PALLADIO, *I quatri Libri d' Architettura*, Venecia, 1570. Es de señalar que los frontones curvos son una licencia que Palladio censura en los propios *Quattro Libri*, L. I, f. 52; v. Joaquín ARNAU AMO, *Palladio y la Antigüedad clásica*, Murcia, Colegio de Arquitectos, 1988, p. 22.

⁷⁶ Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, «En torno al clasicismo: Palladio en Valladolid», *Archivo español de Arte*, 1979, p. 38; Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 54-55; Javier RIVERA BLANCO, «Introducción», en Andrea Palladio, *Los cuatro libros de Arquitectura*, Madrid, Akal, 1988, pp. 31-32.

Figura 16. Sebastiano Serlio, Tutte l'opere d'architettura, f. 200.

Figura 17. Sebastiano Serlio, Tutte l'opere d'architettura, f. 147.

Figura 18. Sebastiano Serlio, Tutte l'opere d'architettura, libro straordinario, f. 20.

Figura 19. Sebastiano Serlio, Tutte l'opere d'architettura, libro straordinario, f. 25.

Figura 20. Andrea Palladio, *I Quattro Libri dell'Architettura*, frontispicio.

fechas. Una fuente más verosímil es el segundo cuerpo de la Chancillería de Granada [21], de Francisco del Castillo, aunque no se puede hablar de un modelo tomado al pie de la letra. Aparecen los frontones curvos partidos, las dobles pilastras y el ático, pero el orden corintio le da un aspecto muy diferente, el hueco central se cubre con un frontón triangular y remata el cuerpo un frontón curvo.⁷⁷

La tercera de las portadas, llamada por Gila del Cabildo y de la Sacristía,⁷⁸ presenta una composición con analogías a la del Perdón, pero el tratamiento de detalle es bien diferente [14]. Dos pilastras rematadas por cabezas barbadas y triglifos con dos incisiones, como en la portada lateral de San Pedro del Castillo, enmarcan una puerta sobre la que apoya un frontón curvo partido entre el que sobresale un ático con un disco que porta una inscripción tomada de la Epístola a los Efesios, rematado por un frontón recto entero. El motivo de los biglifos puede proceder de una mala interpretación de la célebre puerta que cierra el primer libro serliano [22], y con él la fuente de casi toda la mitad inferior, pero la decoración de las jambas es más sofisticada que el modelo serliano de puerta corintia.⁷⁹ En cambio, a partir de la cornisa volvemos a encontrar de nuevo el modelo del segundo cuerpo de la portada de la Chancillería [21], con los frontones curvos partidos, y la cartela con medallón oval, si bien están ausentes las pilastras y el frontón curvo que la rematan en la Chancillería, aquí sustituidos por un frontón recto.

⁷⁷ Para la Chancillería v. René TAYLOR, «The façade of the Chancilleria of Granada», en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, Universidad de Granada, 1976, pp. 419-436, que fue el primero en atribuir la fachada a Castillo por razones estilísticas, pero por las mismas razones niega que sea suya la parte central; Pedro GALERA ANDRÉU, «Francisco del Castillo, maestro mayor de la Chancillería de Granada», *Cuadernos de Arte*, 1984, pp. 157-158, que recoge el hallazgo por Manuel Muñoz Barberán del testamento de Castillo, en el que se le cita como maestro de la Chancillería; Antonio A. RUIZ RODRIGUEZ, José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA e Inés María del ÁLAMO FUENTES, «Francisco del Castillo, autor de la fachada de la Chancillería de Granada», *Cuadernos de Arte*, 1984, pp. 159-172, aportan el Acuerdo por el que se encargan las trazas a Castillo, en competencia con Lázaro de Velasco; Rafael LÓPEZ GUZMÁN, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, Granada, Diputación, 1987, pp. 596-600, incluye la parte central en la obra de Castillo, y en «Francisco del Castillo y la arquitectura civil: reflexiones sobre el manierismo en Andalucía Oriental», *Periferia*, 1987, pp. 108, 110, rescata un pasaje de Chueca que compara la cartela de la parte central de la Chancillería con la de la Fuente Nueva de Martos; Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura ...*, pp. 198-209, afirma que la totalidad de la fachada fue terminada en 1587, pocos meses después de la muerte del maestro, lo que termina de confirmar que también le corresponde la parte central. Los frontones partidos aparecen en Italia a mitad de siglo con Vignola en Sant'Anna dei Palafrenieri comenzada en 1565, y Galeazzo Alessi en Santa Maria Presso San Celso de Milán entre 1565 y 1570, pero no es probable que Aranda conociera estos modelos. V. Wolfgang LOTZ, «El Cinquecento», *Architecture in Italy 1400-1600*, Hardmondsworth, Pelican, 1974 (Tr. esp. de Carlos Laguna y José Casas, *Arquitectura en Italia 1400-1600*, Madrid, Cátedra, 1991, pp. 436-438, 464-465, 468).

⁷⁸ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 74-77.

⁷⁹ Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'architettura*, Venecia, 1600, L. I. f. 16 v. y IV, f. 173 r.

Otras obras a tener en cuenta en este período son las realizadas en la ermita de Santa Ana, aldea de Alcalá la Real distante media legua de la ciudad. La hoy iglesia parroquial disponía ya de una capilla mayor tardogótica con una buena bóveda nervada de cruceros, terceletes, ligaduras y combados, pero se planteaba sustituir su nave.

Las obras comienzan por el muro de la fachada, contratada en 1586 por la cofradía con el maestro de cantería vasco Sancho Meléndez y su hijo Juan.⁸⁰ El documento no habla del tracista, pero los elementos sevillanos de la composición y la posterior vinculación de Martínez de Aranda con la ermita hacen probable su intervención. En la portada enmarcan el vano de acceso dos medias columnas corintias, sobre las que apoya un entablamento con el friso liso. Entre ambas se aloja un arco de medio punto con ménsulas en la clave, rosca tratada con tres fascias, impostas y pilastras cajeadas. En las albánegas se alojan dos espejos. Corona la composición un nicho flanqueado por volutas y se disponen flameros sobre la cornisa del orden, en los ejes de las columnas. La composición es similar a la de la portada de Santa María de las Flores de Posadas, obra temprana de Hernán Ruiz,⁸¹ por la disposición de las columnas enmarcando el hueco, la colocación del ático y hasta del óculo colocado encima de éste y la presencia de espejos; que por otra parte tan vinculados están a Alonso de Covarrubias, maestro mayor que fue del arzobispado de Toledo del que la Abadía de la Mota era sufragánea.⁸² Sin embargo, el tratamiento de los elementos es bien diferente. El motivo de los discos en las enjutas se repite en Santa María de la Encarnación de Constantina, también con composición similar pero con un ático mucho mayor, y en otras portadas de Hernán Ruiz.⁸³ Pero si el nicho del ático se puede relacionar con la obra de Ruiz por posición y tamaño, su trazado recuerda más las obras de Juan de Marquina en Granada, que debían de conocerse en la zona.

El 3 de Marzo de 1591 los hermanos Pedro y Juan de Fraguagua contratan la ejecución en piedra de los muros laterales de la iglesia según *la traza y modelo que para ello esta hecha por Ginés Martínez de Aranda*; apenas dos meses después el alarife Sebastián López se obliga a ejecutar las bóvedas y los tejados, con Martínez de Aranda como testigo.⁸⁴ La iglesia disponía ya de una capilla mayor tardogótica y

⁸⁰ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 88, 94-95.

⁸¹ Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, pp. 18-20.

⁸² Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, p. 73; Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 25.

⁸³ Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, pp. 66-68. V. también pp. 75-76 para San Bartolomé de El Real de la Jara y pp. 80-82 para Nuestra Señora de Gracia de El Cerro del Andévalo, también vinculada por los flameros.

⁸⁴ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 88, 91-95, 299. Probablemente los Fraguagua acabarían emparentando con Aranda, pues según Carmen JUAN LOVERA, «Iglesia abacial de

Figura 21. Parte central de la fachada de la Chancillería de Granada.

Figura 22. Sebastiano Serlio, Tutte l'opere d'architettura, f. 16.

ahora se trataba de sustituir la nave existente por una nueva de tres tramos. La composición es sencillísima: un poco por debajo de la delgada moldura que marca la imposta aparecen unos capiteles sobre ménsulas, versión simplificada de los del Hospital de la Sangre sevillano, y sobre los que apoyan los arcos fajones que dividen la nave en tres tramos desiguales. En el encuentro con la capilla mayor, el arco perpiaño apuntado sobre el que apoya la bóveda de crucería se recubre con una pilastra cajeadada. El motivo de capitel ménsula ligado a la línea de imposta era tradicional en la zona desde los tiempos de Martín de Bolívar, que lo emplea en los apoyos de las bóvedas del tramo de los pies de la iglesia de la Mota.⁸⁵

En 1591 Miguel de Bolívar contrata la obra de la capilla colateral a la capilla mayor de San Pedro de Castillo de Locubín; Aranda aparece en este contrato como arquitecto en sentido estricto, como diseñador separado de la ejecución, mientras que Bolívar se encarga de la construcción efectiva.⁸⁶ Lo mismo sucede en otra obra menor de estas fechas, la primera capilla del lado de la epístola de la iglesia conventual de San Francisco de Alcalá la Real, para el noble alcalaíno Pedro Hernández de Jaén, que Miguel de Bolívar se compromete a realizar con trazas de Ginés Martínez de Aranda. Más que la capilla en sí, que hoy ha desaparecido casi completamente, lo que interesa es comprobar que de nuevo Aranda, un recién llegado pero letrado y trazador, da el diseño mientras que Bolívar, de una familia de gran tradición, queda limitado a la ejecución. Es precisamente en este convento donde Bolívar se ve obligado en 1599 a renunciar a la ejecución de otra capilla que tenía contratada en esta iglesia.⁸⁷ También para Pedro Hernández realizaría Aranda en aquellos años otra obra menor, una *culebra*, quizá el caño de una fuente en su huerto.⁸⁸ También se le atribuye sin base documental la sacristía y la torre de la iglesia de Santo Domingo de Silos, la parroquia de Aranda durante su estancia en Alcalá; la torre lleva el escudo del abad don Maximiliano, por lo que debe de corresponder a esta época y se puede pensar que la realizara Aranda. En cambio, Gila plantea dudas sobre la sacristía, vinculada al arte giennense contemporáneo y propone el nombre de Alonso Barba.⁸⁹

En 1590 Martínez de Aranda es nombrado Maestro Mayor de la ciudad de Alcalá la Real; como tal, se ocupa de nuevo de fortificaciones por dos veces. En 1592, realiza junto con Juan Sánchez, alarife de la ciudad, un informe a petición

Santa María de la Mota en Alcalá la Real. La Pulchra ignota», p. 160, en 1622 un Juan de Fraguagua, maestro de obras, está casado con una María de Aranda, que la autora identifica con la hija de Ginés Martínez de Aranda.

⁸⁵ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento* ..., pp. 63, 274.

⁸⁶ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento* ..., p. 241.

⁸⁷ Para todo esto, v. Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento* ..., pp. 125, 274.

⁸⁸ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento* ..., p. 274.

⁸⁹ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento* ..., p. 140-41.

del rey sobre el estado de conservación de la alcazaba de La Mota, donde propone nuevas reparaciones destinadas a corregir el desplome de varios paños de muro y a evitar humedades en cubiertas; aparece otra unidad de longitud empleada en los *Cerramientos*, la *cuarta* o palmo.⁹⁰ En 1594 vuelve a dar su parecer sobre la forma de reparar el llamado Gaván de la Mota, que se había derrumbado en parte en 1582, y su característica calle cubierta o Cañuto, que propone dejar descubierto, entrando en una polémica en la que participan Alonso Barba, Ambrosio de Vico, Martín Díaz Navarrete, maestro mayor de la Alhambra, y Diego de Vergara, de la Catedral de Málaga.⁹¹

Una prueba del progreso de Aranda nos la ofrece la contratación del aprendiz Pedro Pablo de Ordóñez en 1597. Dejando aparte que no le pagaba en cama y comida como era frecuente en la época, sino en metálico,⁹² el contrato es interesantísimo, porque distingue perfectamente entre la cantería y la arquitectura como dos actividades relacionadas pero independientes. Martínez de Aranda se compromete a enseñarle el oficio de la cantería, pero si quería adentrarse *en el estudio de traza y arquitectura así mismo lo tengo de hacer*.⁹³

Durante estos años de Alcalá nacen sus otros tres hijos, bautizados en la iglesia alcalaína de Santo Domingo de Silos: María, el 23 de Marzo de 1591; Juan el 12 de Enero de 1594 y por último Petronila, el 21 de Julio de 1598. El matrimonio sigue haciéndose con propiedades que incrementan sus ingresos; además de varias fincas en el Castillo, poseen un mesón y unas casas en el Llanillo de Alcalá que alquilan anualmente.⁹⁴

4

Cádiz

Al ser nombrado Don Maximiliano obispo de Cádiz, Martínez de Aranda lo sigue como maestro de obras del obispado. Como se refleja en un documento

⁹⁰ Informe de Ginés Martínez de Aranda y Juan Sánchez sobre el estado de conservación de la fortaleza de La Mota; Archivo General de Simancas, Diversos de Castilla, leg. 26, cuadernillo suelto de 13 folios al inicio; v. Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 275.

⁹¹ Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, pp. 96-97; Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ...», pp. 71-72; del mismo autor, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 24, 26, 274-276, 290.

⁹² Ana GOY DIZ, *Artistas, talleres e gremios en Galicia*, Santiago de Compostela, Universidad, 1998, pp. 24-26, 32.

⁹³ Contrato de aprendizaje de Pedro Pablo de Ordóñez con Ginés Martínez de Aranda en 1597; Archivo Histórico Provincial de Jaén, leg. 4616, f. 42 - 43 v. V. Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 277.

⁹⁴ Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 91 y Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 272.

hallado por Teodoro Falcón en el archivo de la catedral de Sevilla, recibe el nombramiento de maestro mayor del Obispado y de la Catedral el 7 de Abril de 1598, con sueldo de 280 ducados.⁹⁵ No era mala paga; en 1579 y 1583 Juan de Orea y Juan de Minjares cobraban por estar al frente de las obras de la Alhambra, incluyendo el palacio de Carlos V, 166 ducados; Diego de Alcántara en 1583 recibía 160 en Uclés; Juan del Ribero Rada percibía 200 como maestro mayor de la catedral de Salamanca en 1589; la remuneración de Aranda era comparable a la de un secretario real, un médico o un catedrático de universidad.⁹⁶ María de Morales pasa en aquella época a vivir en el Castillo con sus hijos, encargándose de la administración de los bienes del matrimonio, como revela un poder de 1598 por el que Aranda autoriza a su mujer y a un clérigo que puedan vender y cobrar en su ausencia cualquier cosa de su propiedad.⁹⁷

Cádiz va a representar una etapa decisiva en la carrera de nuestro artista, no sólo por las obras llevadas a cabo, sino ante todo por el ambiente que se debía de vivir en la ciudad. Punto de gran importancia estratégica, amenazada por turcos y argelinos en 1552, atacada por Drake en 1587,⁹⁸ fue un hervidero de ingenieros militares en los años finales del siglo XVI. Hacia 1590 había pasado por la ciudad Giuliano Firrufino, ingeniero formado en Milán, muy docto en matemáticas, que impartiría lecciones a los canteros y albañiles de la guarnición de Sevilla, y que después sería catedrático de la Academia de Matemáticas de fundación real, impulsada por Juan de Herrera; también está por aquella época en la ciudad Tiburzio Spanocchi, director de la Academia en su etapa vallisoletana.⁹⁹ Después del asalto anglo-holandés de 1596,¹⁰⁰ la presencia de ingenieros se hace sentir con

⁹⁵ Teodoro FALCÓN MÁRQUEZ, «El nombramiento de Ginés Martínez de Aranda como maestro mayor de las diócesis de Cádiz y Santiago de Compostela», *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, Madrid, Universidad Complutense, 1994, pp. 463, 465-466.

⁹⁶ Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 513-514; «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», *Les chantiers de la Renaissance*, pp. 253-254. Sobre los sueldos de ingenieros, en general mayores, v. Alicia CÁMARA MUÑOZ, *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, Madrid, Nerea, 1998, pp. 124-125.

⁹⁷ Poder otorgado por Ginés Martínez de Aranda a su mujer y a Juan Jiménez para que compren y vendan bienes en su nombre en 4 de Agosto de 1598; Archivo Histórico Provincial de Jaén, leg. 4704, f. 421 - 422. V. Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 277.

⁹⁸ V. Henry KAMEN, *Philip of Spain*, New Haven, Yale University Press, 1997 (Trad. esp. de Patricia Escandón, *Felipe de España*, Madrid, Siglo XXI, 1997, p. 285); Manuel FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, *Felipe II y su tiempo*, Madrid, Espasa, 1998, pp. 447, 559-561.

⁹⁹ Jose Ramón SORALUCE BLOND, «Ciencia y arquitectura en el ocaso del Renacimiento. Notas para la historia de la Real Academia de Matemáticas de Madrid», *Academia*, 1987, pp. 71, 73, 76, 83; Alicia CÁMARA MUÑOZ, «Juan de Herrera y la arquitectura militar», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 93-94; *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, pp. 186, 189, 220.

¹⁰⁰ Eduardo MARIÁTEGUI, *El Capitán Cristóbal de Rojas, ingeniero militar del siglo XVI*, Madrid, CEHOPU, 1985, pg. 33-34; Henry KAMEN, *Philip of Spain*, New Haven, Yale University Press, 1997 (Trad. esp. de

más fuerza. La figura más destacada es Cristóbal de Rojas, ingeniero paisano y coetáneo de Aranda, que ha dado clases de fortificación en la Academia y por aquellos años publica el tratado *Teórica y práctica de fortificación* en el que recoge las lecciones.¹⁰¹ Con Rojas acude a Cádiz Juan Cedillo Díaz, discípulo suyo, que había leído en la Academia de Matemáticas «la materia de los senos», que en 1610 traduciría a Euclides y que en Cádiz se ofrece a leer Matemáticas «los días de fiesta [...] a los soldados y gente que acudiere».¹⁰²

Dos de las obras más significativas de la etapa gaditana de Aranda, la reconstrucción de la catedral de Cádiz promovida por la Corona y una galería del claustro grande o de los Arrayanes de la Cartuja de la Defensa en Jerez de la Frontera no son estrictamente obras del obispado. A lo largo del siglo XVI los obispos y cabildos intentan en ocasiones evitar que los maestros mayores emprendan obras particulares, para asegurar su dedicación a las de la catedral u obispado.¹⁰³ Pero en otros casos se da la situación inversa, y los cabildos llegan a buscar obras particulares para ofrecérselas a los maestros cuando tienen conciencia de que no pueden pagarles el sueldo que merecen.¹⁰⁴ Este sería el caso de Aranda en la Cartuja de Jerez y, en cierto modo, también en la catedral, donde las obras salen a subasta, pero Aranda concurre y gana la puja como maestro mayor del obispado.

Las obras en la Cartuja de la Defensa se venían arrastrando durante toda la centuria al menos. La iglesia, el refectorio y el claustro grande con sus celdas se comienzan a principios del siglo XVI.¹⁰⁵ Hacia 1525, siendo maestro Diego de

Patricia Escandón, *Felipe de España*, Madrid, Siglo XXI, 1997, pp. 324-326); Manuel FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, *Felipe II y su tiempo*, Madrid, Espasa, 1998, p. 577, 612.

¹⁰¹ Eduardo MARIÁTEGUI, *El Capitán Cristóbal de Rojas, ingeniero militar del siglo XVI*, pp. 34, 41; Alicia CÁMARA MUÑOZ, «Tratados de arquitectura militar en España. Siglos XVI y XVII», *Goya*, 1980, p. 342, y «La arquitectura militar y los ingenieros de la monarquía española: aspectos de una profesión. (1530-1650)», *Revista de la Universidad Complutense*, 1981, p. 265; Jose Ramón SORALUCE BLOND, «Ciencia y arquitectura en el ocaso del Renacimiento. Notas para la historia de la Real Academia de Matemáticas de Madrid», *Academia*, 1987, p. 83; Antonio CAMPILLO, *La fuerza de la Razón. Guerra, Estado y ciencia en los tratados militares del Renacimiento, de Maquiavelo a Galileo*, Murcia, Universidad, 1987, pássim y esp. pp. 201-202.

¹⁰² Eduardo MARIÁTEGUI, *El Capitán Cristóbal de Rojas, ingeniero militar del siglo XVI*, p. 38; v. también p. 110; Jose Ramón SORALUCE BLOND, «Ciencia y arquitectura en el ocaso del Renacimiento. Notas para la historia de la Real Academia de Matemáticas de Madrid», *Academia*, 1987, pp. 76, 78, 79, 82.

Alicia CÁMARA MUÑOZ, «Juan de Herrera y la arquitectura militar», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, p. 94; María Isabel VICENTE MAROTO, «Juan de Herrera, científico», *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunewerg, 1997, p. 162.

¹⁰³ María Dolores CAMPOS SÁNCHEZ-BORDONA, *Juan de Badajoz y la arquitectura del Renacimiento en León*, León, Universidad, 1993, pp. 142, 161.

¹⁰⁴ Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, pp. 64-65.

¹⁰⁵ Hipólito SANCHO DE SOPRANIS, «La arquitectura jerezana en el siglo XVI», *Archivo Hispalense*, 1964, p. 20.

Riaño se levanta el «Claustrillo»; también por aquella época, en 1538, se realiza la portada de entrecoros de la iglesia;¹⁰⁶ más adelante, en 1571, Andrés de Ribera ejecuta la conocida portada exterior del monasterio.¹⁰⁷ El claustro grande se debió de ir construyendo a lo largo del siglo. Según Sancho de Sopranis, una de las galerías debió de ser realizada en los últimos años noventa por Esteban Martín, que en 1598 dispone en su testamento que se liquide la obra con el monasterio.¹⁰⁸ Martínez de Aranda trabajaba en 1599 en la conclusión de una de las galerías del claustro según el Protocolo de la Cartuja, que hace referencia a su condición de maestro mayor del obispado de Cádiz. Carlos García Peña confirma estos datos: tomó a su cargo siete *capillas* o tramos de bóveda del «callejón de más allá de la cerería», pero no pudo terminar el encargo «por haber enfermado todos los maestros».¹⁰⁹

Pero su obra más importante en esta etapa fue con mucho la reconstrucción de la hoy llamada iglesia de Santa Cruz o catedral vieja, gravemente afectada por el saqueo del conde de Essex en 1596. La iglesia medieval era de tres naves cubiertas con madera, y debía de resultar oscura e incómoda a pesar de las reformas que se habían ido sucediendo a lo largo de la segunda mitad del siglo, hasta el punto de que se un año antes de la toma de los ingleses, en 1595, se había elevado a Felipe II una propuesta para levantar una catedral nueva.¹¹⁰

Antón Solé señalaba que la destrucción de la iglesia no fue total, como prueban la existencia de bóvedas góticas de algunas capillas laterales como la del bautismo, el coste y plazo relativamente pequeño de las obras de restauración documentadas y el requerimiento del cabildo a los patronos de las capillas particulares para que las limpiaran y aderezaran. Habían ardido el alfarje de madera y el coro y el pillaje había acabado con todo lo que tenía algún valor, desde las rejas y campanas hasta las losas de sepultura que los saqueadores habían levantado buscando cualquier objeto precioso. Los elementos de separación entre las tres naves y soporte del alfarje, debían de estar en muy mal estado.¹¹¹

¹⁰⁶ Para el claustro, v. Hipólito SANCHE DE SOPRANIS, «La arquitectura jerezana en el siglo XVI», pp. 17, 22, 27-28; para la portada de entrecoros, id. p. 17.

¹⁰⁷ Hipólito SANCHE DE SOPRANIS, «La arquitectura jerezana en el siglo XVI», pp. 18, 22, 55.

¹⁰⁸ Hipólito SANCHE DE SOPRANIS, «La arquitectura jerezana en el siglo XVI», p. 36.

¹⁰⁹ HIPÓLITO SANCHE DE SOPRANIS, «La arquitectura jerezana en el siglo XVI», p. 26; Pablo ANTÓN SOLÉ, «La catedral vieja de Santa Cruz de Cádiz. Estudio histórico y artístico de su arquitectura», *Archivo Español de Arte*, 1975, p. 93; Carlos GARCÍA PEÑA, *Arquitectura gótica religiosa en la provincia de Cádiz. Diócesis de Jerez*, Tesis doctoral, Universidad Complutense, 1990, pp. 1016, 1041.

¹¹⁰ Pablo ANTÓN SOLÉ, «La catedral vieja de Santa Cruz de Cádiz ... », pp. 84-88.

¹¹¹ V. Pablo ANTÓN SOLÉ, ««La catedral vieja de Santa Cruz de Cádiz ... », pp. 88, 90; Hipólito SANCHE DE SOPRANIS, «Los Vandelvira en Cádiz», *Archivo Español de Arte*, 1948, p. 44.

Todo esto se puede precisar ahora examinando los documentos conservados en el Archivo General de Simancas acerca de la propuesta de nueva catedral de 1595. Alicia Cámara ha publicado recientemente el plano de Cádiz incluido entre las peticiones a la Corona [24], pero es de gran interés confrontar este plano con la documentación escrita que lo acompañaba en un principio. Un memorial y un informe hacen referencia al cambio de emplazamiento de la catedral y a las gestiones para la adquisición de los terrenos necesarios.¹¹² A la luz de estos documentos hay que entender que la planta que aparece junto a la muralla del Mar de Vendaval u Océano Atlántico es la catedral existente en 1595 y la iglesia de Santa Cruz actual, mientras que la línea gruesa que se superpone a varias manzanas de casas junto a las murallas interiores es el perímetro varias veces mayor propuesto para la nueva catedral.

Estos datos confirman plenamente la interpretación de Antón Solé. La catedral de 1595 coincide en gran medida con la planta de la actual iglesia de Santa Cruz [23], con la diferencia de varias capillas y dependencias añadidas posteriormente a ambos lados de la nave y detrás de la cabecera, la existencia de un coro en la planta de 1595 y la posición de cuatro pilares que ha variado ligeramente en la actualidad, aproximándose a los ejes de los paños correspondientes de la caja de muros.

De tal manera, al retirarse los ingleses, la ciudad vio obligada a renunciar al proyecto de nueva catedral de 1595 y abordar la reconstrucción de la antigua iglesia saqueada; el autor o autores del proyecto disponían de una caja vacía de muros y algunas capillas laterales. Cristóbal de Rojas prepara planos que se envían al Consejo de Castilla para su aprobación; el antiguo obispo García de Haro da seis mil ducados para la reconstrucción. Al tomar posesión del obispado don Maximiliano de Austria en 1596 impulsa las obras, empezando por traer a Cádiz la parte del cabildo que se había refugiado en Medina Sidonia, mientras que sus compañeros habían partido como rehenes con la escuadra inglesa.¹¹³ En 1598 la

¹¹² Memorial del Deán, Cabildo y Concejo de Cádiz a Felipe II pidiendo licencia para edificar la nueva catedral del año 1595, s. m., s. d.: «y que sea en el sitio que ba señalado en la planta de la ciudad por que a parecido a todos mas acomodado y el obispo ha ofrescido y se ha obligado a dar cada año de los q[ue] esta obra dure dos mill du^{os} para ella y mill y qms. ducados luego para ayuda a comprar el sitio»; Informe de Tiburzio Spanocchi acerca de la petición de licencia para hacer una nueva catedral, s. f. (1595-1596): «E visto el sitio que se le representa por las traças que vra. Magd. ha mandado entregarme y me parece muy apropiado para este efeto porq[ue] esta en lugar llano y en la mejor comodidad para los vezinos de la ciudad aprouechandose en parte de la comunicacion de la plaça maior porq[ue] esta de junto las casas que estan en este nuevo sitio q[ue] se propone creo son de poco valor pues estan arrimadas a una vieja muralla de la ciudad»; ambos documentos en el Archivo General de Simancas, Patronato eclesiástico, leg. 52, documentos sueltos.

¹¹³ Pablo ANTÓN SOLÉ, «La catedral vieja de Santa Cruz de Cádiz ... », dice que los maestros de obras Padilla y Martínez de Aranda reconocen la obra en varias ocasiones. A la luz del nombramiento de Aranda encontrado por Teodoro FALCÓN MÁRQUEZ, «El nombramiento de Ginés Martínez de Aranda como

Figura 23. Planta de techos de la iglesia de Santa Cruz o Catedral vieja de Cádiz.

Figura 24. Detalle de plano de Cádiz en 1595. Archivo General de Simancas, M. P. y D., VIII-12.

Figura 25. Naves laterales de la iglesia de Santa Cruz o Catedral vieja de Cádiz.

Figura 26. Capitel ménsula en la iglesia de Santa Cruz o catedral vieja de Cádiz.

obra se va financiando con los escasos ingresos que tendría el cabildo de una ciudad devastada y el donativo de García de Haro. En 1599 Felipe III concede más de dos millones de maravedís de los tributos eclesiásticos a los que tenía derecho sobre el obispado de Cádiz, a condición de que el cabildo y la ciudad aporten otro tanto. La subasta del 27 de Abril de 1600, en la que se remata en Martínez de Aranda la ejecución de una pequeña parte de la obra por 3.700 ducados, apareciendo como fiadores su cuñado Juan Galán, su suegra y su mujer, vecina de Castillo de Locubín,¹¹⁴ debe de estar relacionada con esta inyección de dinero. En cualquier caso, las obras ganan ritmo en el bienio 1600-1602 hasta el punto de que el 2 de Junio de este último año, día del Corpus, se puede reanudar el culto, aunque según Jiménez y Malo de Molina las bóvedas se cierran en 1605.¹¹⁵

De nuevo nos encontramos con una iglesia salón de planta singular, con siete tramos y tres naves. Las bóvedas centrales son más anchas que profundas, pero a pesar de esto, el conjunto de la iglesia es bastante largo, al menos para una iglesia salón, debido al elevado número de tramos en este sentido, siete, frente a los tres tramos usuales en las iglesias columnarias terminadas en el sur de la península. Presenta columnas toscanas y arcos en ambos sentidos, de cantería, con bóvedas de albañilería recubiertas externamente de azulejos y enlucidas al interior. En los muros laterales los arcos apoyan en capiteles ménsulas toscanos, que se prolongan en una imposta que recorre toda la pared. Sobre esta imposta se abren ventanas resueltas mediante el procedimiento, muy frecuente en la época, del *Capialzado cuadrado a regla*, con el que se abre la segunda parte de los *Cerramientos*. Pueden ser de la época de Aranda y Rojas la sacristía alta, con artesonado de vigas sostenidas por ménsulas, el antecabildo, con bóveda trasdosada de azulejos, y el cabildo, pero no la capilla de las reliquias, elíptica y del siglo XVII según Antón Solé, ni menos la capilla del Sagrario, de Torcuato Cayón e inaugurada en 1770.¹¹⁶

Todo esto confirma que el autor del proyecto superpuso una sección de «hallenkirche» a la planta de una iglesia tradicional, que le venía dada como un pie

maestro mayor de las diócesis de Cádiz y Santiago de Compostela», pp. 463, 465-466, hay que pensar que esas visitas no fueron anteriores a 1598.

¹¹⁴ Pablo ANTÓN SOLÉ, «La catedral vieja de Santa Cruz de Cádiz ... », p. 93, localiza la escritura de fianza en el Archivo de la Catedral de Cádiz, sección Archivo Antiguo, leg. 22, num. 2, doc. 15. Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida... », p. 72, encontró otra copia en el Archivo Histórico Provincial de Jaén. Debe tenerse en cuenta que la financiación real más la aportación exigida al cabildo y la ciudad suman más de diecinueve mil ducados, sin contar el donativo de García de Haro que ya estaría gastado en buena parte y los ingresos ordinarios de la fábrica.

¹¹⁵ Pablo ANTÓN SOLÉ, «La catedral vieja de Santa Cruz de Cádiz ... », p. 89; Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 276; «La capilla del nuevo sagrario de la Catedral Vieja de Cádiz», *Archivo Hispalense*, 1966, pp. 275-277; Juan JIMÉNEZ MATA y Julio Malo de Molina, *Guía de Arquitectura de Cádiz*, Sevilla, Consejería de Obras Públicas, 1995, p. 126.

¹¹⁶ Pablo ANTÓN SOLÉ, «La catedral vieja de Santa Cruz de Cádiz ... », p. 94.

forzado, y que se respeta en lo sustancial; el plano de la iglesia en 1595 confirma las apreciaciones de Antón Solé.¹¹⁷ El perímetro estaba fijado por los muros que se conservan, pero las columnas se colocan cuidadosamente de manera que respeten los machones entre capillas laterales y determinen tramos de profundidades aproximadamente iguales. Así pues, se elige un tipo particularmente adecuado para resolver el problema de la reconstrucción, pues permite aprovechar la caja mural y las capillas particulares jugando con la posición de las columnas y las dimensiones de las bóvedas, es apto para la predicación y su unidad espacial favorece la oratoria sagrada, y por último, se puede adaptar al lenguaje clásico con más facilidad que otros tipos tardogóticos.

La geometría de arcos y bóvedas es ciertamente desusada. Encontramos arcos elípticos rebajados en los perpiaños de la nave central y algunos de separación entre naves, arcos de medio punto en la mayoría de los de separación entre naves y unos singulares arcos elípticos peraltados como perpiaños de las naves laterales [25].¹¹⁸ El tema se puede vincular a la obra escrita de Rojas y sobre todo de Aranda. En la *Teórica y práctica de fortificación* Rojas presenta un arco esviado con embocaduras de medio punto; al proyectar la embocadura oblicuamente a su plano se obtiene un cilindro elíptico peraltado.¹¹⁹ En su segundo *Arco viaje contra viaje por plantas y por cara* Aranda recoge la solución de Rojas, pero añade el método para trazar la sección recta del cilindro, con lo que aparece explícitamente el arco elíptico peraltado. En este *Arco viaje contra viaje* la semiellipse peraltada no aparece como figura en sí, trazada expresamente, sino como resultado de una serie de operaciones de sección y proyección; lo mismo sucede en la *difinition tercera* de la primera parte de los *Cerramientos*. En cambio, en la *difinition segunda* que le antecede Aranda recoge un procedimiento serliano para trazar elipses, el denominado por Vandelvira «Arco painel». Es muy significativo comprobar que tanto Serlio como Vandelvira trazan de esta manera dos semielipses rebajadas, sin duda para demostrar la flexibilidad del procedimiento; en cambio Aranda traza una semiellipse rebajada y otra peraltada, con lo que el arco elíptico peraltado aparece

¹¹⁷ Alicia CÁMARA MUÑOZ, *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, p. 150.

¹¹⁸ Sólo se podría determinar con seguridad si estos arcos son ovales o elípticos mediante un levantamiento fotogramétrico que saldría de los límites de este trabajo. Sin embargo, hablaremos en lo sucesivo de arcos elípticos por dos razones. Por una parte, es imposible encontrar a simple vista o sobre fotografías convencionales el punto de cambio de curvatura, al contrario de lo que sucede en ocasiones con los carpaneles medievales y renacentistas, de traza oval. Por otra, la única representación que conocemos de arcos elípticos u ovales peraltados en la literatura arquitectónica del Renacimiento es la de los arcos elípticos en la plana 2 de los *Cerramientos y trazas de montea*.

¹¹⁹ La solución aparece ya en el *Libro de trazas de cortes de piedras* de Alonso de VANDELVIRA, f. 27 v., pero resuelta por un método recursivo un tanto incómodo y propenso a sumar errores. Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 99 v., aporta un método no recursivo, basado en abatimientos, que es el empleado por Aranda. V. p. 76 del Tomo II de este trabajo.

por primera vez en la literatura como forma arquitectónica originaria, hasta donde llega nuestro conocimiento.¹²⁰

Probablemente Rojas y Aranda emplean estos arcos porque intuyen que su eficacia estructural es superior a la de los demás arcos empleados en su época. Philibert de L'Orme era consciente de que los arcos rebajados requieren más estribos que los de medio punto; la misma conclusión que se puede extraer de la regla de cálculo de estribos que Aranda expone en la *difinition* quinta de la primera parte de los *Cerramientos*.¹²¹ Pero la misma regla también da a entender que los arcos apuntados precisan aún menos estribos que los de medio punto. En este contexto, se puede pensar que los arcos elípticos peraltados son para Rojas y Aranda una alternativa a los arcos apuntados, todavía más eficaces, pues aplicándoles la regla de la *difinition* quinta, arrojan anchos de estribos ligeramente inferiores para la misma luz; de hecho se asemejan más a las formas teóricamente ideales de nuestros días como la catenaria y la parábola, y permiten alojar mejor el antifunicular de cargas que el arco apuntado. Otro detalle refuerza esta visión de los arcos elípticos peraltados como un trasunto «al romano» de los arcos apuntados de la tradición medieval: los planos de lecho de las primeras dovelas de los arcos peraltados, pero también de los semicirculares de apoyo en la caja de muros, se disponen en horizontal, como en la «jarja» o «tas-de-charge» gótica, todo lo cual no es óbice para decorarlos con tres fajas al modo clásico.

También son singulares las bóvedas, compuestas de cuatro paños unidos en ángulo, como en las bóvedas que ahora llamamos de rincón de claustro, pero apoyadas sobre cuatro arcos como las de arista; cada una se define por cuatro superficies que pasan por uno de los cuatro arcos correspondientes a cada tramo, y por elipses trazadas en los planos verticales que pasan sobre las diagonales; pero como las elipses son de flecha bastante mayor que los arcos perimetrales, en la mayoría de los casos el efecto se asemeja más al de la bóveda en rincón de claustro. Decimos en la mayoría de los casos precisamente porque el sistema de arcos y bóvedas goza de gran flexibilidad gracias a la introducción de los arcos elípticos peraltados, lo que permite resolver con soltura las distintas situaciones que se van presentando en función de la anchura de las naves central y laterales y en las distintas profundidades de los tramos y responder a los pies forzados que imponía la reconstrucción de la iglesia.

¹²⁰ Un posible precedente en la práctica se encuentra en los corredores perimetrales de la cúpula de El Escorial, pero no he encontrado referencias a ellos en la bibliografía ni tenido ocasión de visitarlos personalmente.

¹²¹ V. pp. 28 - 41 del Tomo II.

La tesis mantenida por Antón Solé¹²² según la cual aparece Aranda como mero ejecutor de lo trazado por Cristóbal de Rojas, contrasta claramente con el papel protagonista que desempeña después en Santiago e incluso con su trabajo en Alcalá donde aparece en varias ocasiones como tracista o como director de lo que ejecuta otro; creemos que debe matizarse, sobre todo a la vista del nombramiento de 7 de Abril de 1598 como maestro mayor de la diócesis hallado por Falcón.

En primer lugar, al tratarse de una obra costeada en gran medida por la Corona, no es de extrañar la presencia del ingeniero real, bien porque el Consejo de Castilla exija su intervención como apunta Gila Medina,¹²³ bien porque la Corona aporte el tracista como una forma de financiación indirecta de manera que la fábrica catedralicia se ahorre el coste de las trazas, bien porque el cabildo pensara que al encargarle el diseño a Rojas se aseguraba la aprobación real.

En segundo lugar, como veíamos algo más arriba, la aparición de Aranda parece responder a una voluntad por parte del obispo de complementar el sueldo del maestro con obras que no dependían en la práctica del obispado. La posición de Aranda en la obra de la catedral no es la de mero supervisor, como lo había sido en Alcalá donde parece que se limitaba a dirigir las obras que habían contratado otros canteros, sino la de contratista con un fuerte interés económico. Ejecutor, pero bien pagado; basta ver que el cobro de un contrato que no debió de ser el único le reportaría unos ingresos brutos de más de un millón de maravedís, de los que por supuesto hay que descontar materiales, sueldos de hombres a su cargo y otros gastos; pero el beneficio debió de ser importante.

En tercer lugar, Aranda llegó con la obra empezada o casi a punto de empezar, pues su nombramiento es casi dos años posterior a las trazas de Rojas. Suponemos que aceptó y ejecutó con fidelidad las trazas de Rojas únicamente porque no hay nada que indique lo contrario. Eso no quiere decir que su opinión como maestro mayor del obispado no tuviera peso a lo largo de la ejecución de la obra; en principio el mismo peso que la de Rojas, pues la cantidad que el cabildo se había comprometido a aportar era la misma que aportaba el Rey. Hay que tener en cuenta además que las ocupaciones de Rojas al servicio del Rey, que le obligaron a dejar Cádiz en varias ocasiones, no le permitirían llevar un control intenso de la obra.¹²⁴ Pero además hay que pensar que Aranda sentía por Cristóbal de Rojas un claro aprecio, como prueban las frases y párrafos tomados de la *Teórica y práctica de fortificación* que incluye en los *Cerramientos*.¹²⁵ Si consideramos que eran

¹²² Pablo ANTÓN SOLÉ, «La catedral vieja de Santa Cruz de Cádiz ... ».

¹²³ Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », p. 73.

¹²⁴ Eduardo MARIÁTEGUI, *El Capitán Cristóbal de Rojas, ingeniero militar del siglo XVI*, pp. 49-77.

¹²⁵ V. p. 77 del Tomo I.

paisanos y coetáneos,¹²⁶ la relación entre ellos debió de ser de amigos más que de discípulo y maestro. Ante esto, en la elección del tipo de soporte y en la decisión de elevar las naves a la misma altura puede que haya tenido un peso determinante el parecer de Martínez de Aranda, maestro mayor además de contratista, y que debería conocer mejor que Rojas el tipo de iglesia salón por el frustrado intento de Alcalá y el núcleo giennense y granadino de Iznalloz y Huelma, y quizá también el murciano y santiaguista de Albacete y Caravaca; en cambio, la iglesia salón parece muy alejada de la formación escurialense de Rojas.¹²⁷

Algo parecido puede decirse de los capiteles ménsulas y la imposta de los muros laterales [26], que se relacionan con obras alcalaínas como la nave de la ermita de Santa Ana, contratada en 1591 con trazas de Aranda, y la nave de San Juan de Alcalá la Real. Pero hay que tener en cuenta que el sistema de capitel-ménsula e imposta de Santa Cruz de Cádiz está mucho más cerca del de San Juan de Alcalá; las péndolas al modo de Hernán Ruiz de Santa Ana se han sustituido por verdaderos capiteles toscanos que entestan en la imposta y no quedan por debajo como en Santa Ana. Según Gila, la nave de San Juan podría ser obra de Aranda realizada inmediatamente antes o inmediatamente después de su estancia en Cádiz. El rigor escurialense de la solución nos hace pensar en la influencia de Rojas. Así, el sistema de ménsula e imposta de los muros laterales de Santa Cruz de Cádiz, después repetido en la nave de San Juan de Alcalá, derivaría de los capiteles péndolas del Hospital de la Sangre y la imposta un tanto torpe de Santa Ana, repensados a través del rigorismo de Rojas; todo lo cual vuelve a apoyar la idea de una buena colaboración entre los dos maestros.

Además de estas obras, también pudo trabajar Aranda en las iglesias de Medina Sidonia, Vejer de la Frontera y Alcalá de los Gazules, según el nombramiento de 1598, sustituyendo a Agustín de Arguello. Falcón señala que es difícil delimitar en esas iglesias de traza gótica y sucesivas reformas en los siglos XVI y XVII la intervención de Aranda.¹²⁸ Esto es cierto para el caso de Vejer, donde únicamente el campanario y una puerta lateral presentan elementos que pudieran corresponder a finales del siglo XVI. También en Santa María de la Coronada de Medina

¹²⁶ Eduardo MARIÁTEGUI, *El Capitán Cristóbal de Rojas, ingeniero militar del siglo XVI*, Madrid, CEHOPU, 1985, pp. 9-11, 12. El nacimiento de Rojas en Toledo ha sido desmentido por estudios más recientes como Teodoro FALCÓN MÁRQUEZ, *El sagrario de la Catedral de Sevilla*.

¹²⁷ Ya Pedro GALERA ANDREU, en «Una familia de arquitectos jiennenses...», p. 12, apuntaba esta idea, pensando en otros ejemplos giennenses como Mancha Real, Torredonjimeno y San Andrés de Jaén. En *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 92, hablaba de la «planta basilical de la Alta Andalucía renacentista». Sobre Iznalloz, v. José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, *Las iglesias de las Siete Villas*, pp. 137-168.

¹²⁸ Teodoro FALCÓN MÁRQUEZ, «El nombramiento de Ginés Martínez de Aranda ... », pp. 463-464.

Sidonia¹²⁹ y San Jorge de Alcalá de los Gazules encontramos sólo fragmentos, pero fragmentos significativos. La primera de estas iglesias presenta una embocadura clasicista en la primera capilla del lado de la epístola, y un buen *Capialzado desquijado cuadrado con sus despiezos* en la puerta de la fachada de los pies; en Alcalá de los Gazules encontramos columnas toscanas que recuerdan a las de Santa Cruz de Cádiz.

Respecto a la vida personal del maestro en aquellos años, hay que reseñar que en 1614 Simón Gómez, vecino de Sanlúcar de Barrameda, se traslada al Castillo para exigirle que reconozca a una muchacha de nombre Lucía que Aranda habría tenido con una mujer cuando estuvo trabajando en la catedral de Cádiz y que Gómez ha criado; Aranda se niega jurando que no ha tenido hijo alguno fuera de su matrimonio con María de Morales.¹³⁰

Aranda está en mayo de 1602 de vuelta en Alcalá la Real,¹³¹ cuando en la catedral se debían de estar dando los últimos toques para abrirla al culto el 2 de Junio. Su etapa como maestro mayor del obispado de Cádiz está prácticamente terminada, pues precisamente en 1602 Don Maximiliano es presentado para la dignidad de arzobispo de Santiago de Compostela después de un rápido paso por el obispado de Segovia, y Ginés Martínez de Aranda le sigue una vez más.¹³²

Es posible que en aquellos años intervenga en la nave de la iglesia de San Juan de Alcalá la Real. Al terminar la capilla mayor, su aspecto debería de contrastar con el del viejo templo y en los años noventa el abad autoriza al mayordomo de la iglesia a vender un censo para reedificar y cubrir la iglesia. Se desconoce el autor de las trazas, pero Gila las atribuye también a Martínez de Aranda, tanto por su cargo de maestro mayor de la abadía y la confianza que le otorgaba en aquellos años el abad don Maximiliano como por la semejanza del templo con la ermita de Santa Ana.¹³³ Hemos de entender que lo construido bajo su intervención se limita a la

¹²⁹ Sobre la fábrica gótica de Medina Sidonia, v. Fernando CHUECA GOITIA, *Historia de la Arquitectura Española*, Madrid, Dossat, 1965, p. 624 y José FERNÁNDEZ LÓPEZ, «Cádiz», en *Andalucía. La España gótica*, Madrid, Encuentro, 1992, pp. 377-378.

¹³⁰ Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », p. 72, y *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 278.

¹³¹ Contrato de venta de tejidos por Ginés Martínez de Aranda en 16 de junio de 1602. Archivo Histórico Provincial de Jaén, leg. 5646, f. 242 v., también numerado como 215. V. Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 279.

¹³² V. Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », p. 72; *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 270, 278; María Dolores VILA JATO, y José Manuel GARCÍA IGLESIAS, *Galicia Arte. Galicia en la época del Renacimiento*, Santiago de Compostela, Hércules, 1993, p. 130; Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia en el paso del Renacimiento al Barroco, 1600-1650. Santiago y su área de influencia*, Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela, 1995, p. 1302; según Goy Diz, es presentado el 4 de Diciembre y confirmado el 21 de Abril de 1603, llegando a Santiago el 16 de Agosto.

¹³³ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas ...*, p. 139. Para Santa Ana, *ibid.* pp. 91-94, y p. 38 de este trabajo.

caja de muros de los dos primeros tramos hasta las impostas, porque las bóvedas y quizá el tercer tramo se levantaron hacia 1667. Gila Medina propone como fechas para esta posible intervención los períodos inmediatamente anterior e inmediatamente posterior a la etapa gaditana.

Llaman la atención los huecos abiertos en los muros sin ningún tipo de molduración, en contraste con el elegante recercado del hueco de paso a la capilla de la Concepción, pero tal vez se trata de una intervención posterior. Por lo demás, las vinculaciones con Santa Ana son evidentes. Los muros lisos se coronan con una moldura en la que se integran capiteles-ménsulas de los que arrancan los arcos fajones de la bóveda de cañón, y sólo existen pilastras cajeadas en el encuentro con la capilla mayor. La ejecución es quizá más precisa, pues los capiteles, que no siguen con tanta fidelidad los modelos sevillanos, se integran en la moldura de imposta; pero el encuentro con las pilastras que flanquean el paso a la capilla mayor no está resuelto con claridad.

Así pues, encontramos en la nave de San Juan de Alcalá la Real que el vocabulario arquitectónico de Aranda ha evolucionado hacia el estilo desornamentado, mientras que sus hábitos compositivos han ganado en precisión y rigor, lo que sugiere una fecha posterior al paso por Cádiz y al contacto con Cristóbal de Rojas y con el mundo de Juan de Herrera.

5

Santiago de Compostela

El 17 de Diciembre de 1603 Martínez de Aranda está en Santiago para ser recibido por el Cabildo como maestro de obras de la catedral, en sustitución del recién fallecido Gaspar de Arce; se le fija un salario de 125 ducados y se le concede una ayuda para la casa en que ha de fijar su residencia en Santiago, siendo nombrado el 31 de Diciembre.¹³⁴ En el corto espacio de cinco años tuvo ocasión de

¹³⁴ Ana GOY DIZ, «Los trasmeranos en Galicia: la familia de los Arce», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 148, 150; *La arquitectura en Galicia ...*, pp. 181, 1304-1305, 1348; *Artistas, talleres e gremios en Galicia*, Santiago de Compostela, Universidad, 1998, pp. 135-136. López Ferreiro dice que Gaspar de Arce había sido despedido, noticia que recogen Pablo PÉREZ COSTANTI, *Diccionario de artistas que florecieron en Galicia durante los siglos XVI y XVII*, Santiago de Compostela, Seminario Central, 1930, p. 34, y Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, p. 116; también Francisco SOJO Y LOMBA, *Los maestros canteros de Trasmiera*, Madrid, Huelves y compañía, 1935, p. 31, lo hace maestro mayor desde 1578 a 1604 y desde 1606 hasta 1618. Recientemente Goy Diz ha hallado el testamento de Gaspar de Arce, de 20 de Julio de 1603 y el testimonio de su muerte, del día después, lo que obliga a replantear las conclusiones anteriores. Respecto a la casa, según Goy Diz, se trata de que «arriende una casa donde vivir con su familia», pero más adelante reconoce con Gila que «María de Morales [...] nunca abandonó Alcalá la Real y Castillo de Locubín», y que «Los años en los que Ginés está en Santiago debieron ser duros. Lejos de su familia y de su tierra [...] », de

ocuparse de las fortalezas del arzobispado,¹³⁵ de la iglesia de Santa María de Doxo y del monasterio de San Martín Pinario, y quizá del claustro del convento de San Francisco y del colegio de San Clemente. Pero su obra más importante se desarrolló en la catedral, donde además de cerrar el coro, y ejecutar el estribo de la torre de las campanas, realizó la monumental escalera [27] que sube de la Plaza del Obradoiro al Pórtico de la Gloria,¹³⁶ aportando el basamento de la fachada que años después terminaría Casas y Nóvoa.

Sorprende que una obra tan cuantiosa apenas haya dejado rastro en los archivos compostelanos, lo que puede deberse a varias razones. En primer lugar, Martínez de Aranda era el arquitecto del arzobispo y no del cabildo, que lo toleró con indiferencia; no es de extrañar que los capitulares no ardieran en deseos de reflejar su nombre en el libro de actas. En segundo lugar, Goy Diz postula que su estancia en Santiago fue transitoria, lo que justificaría la ausencia de contratos de aprendizaje o negocios como los que hacía en Alcalá y el Castillo con asiduidad.¹³⁷ En tercer lugar, los últimos estudios sobre la arquitectura santiaguesa del período tienden a limitar el alcance de sus intervenciones, lo que cuadra mejor con el corto período de su maestría, salpicada por otra parte de viajes al reino de Jaén.

Veamos los resultados de estos trabajos, comenzando por la célebre escalera. Dado que se realizó entre 1606 y 1608, se ha venido adjudicando a Aranda, y las recientes noticias aportadas por Goy Diz que permiten alargar la estancia del maestro en Santiago hasta 1608 refuerzan la atribución.¹³⁸ Sin embargo, hay que tener en cuenta que, según decía López Ferreiro y han recordado después Victoriano González y Vila Jato, existían a principios del siglo XVI unas escaleras que «de un lado y de otro sólo constaba de una serie de peldaños: no era doble como la de ahora; y por consiguiente, entre los dos tramos quedaba una pequeña plazuela». Sólo en época de Maximiliano de Austria «en el hueco que quedaba entre los dos tramos de la antigua escalinata, se metió otra, que va siguiendo paralelamente el mismo curso y desarrollo».¹³⁹ Durante la restauración de 1978, se

acuerdo con una costumbre muy extendida entre los canteros de la época; v. Francisco SOJO Y LOMBA, *ibid.*, pp. 12-13.

¹³⁵ Pablo PÉREZ COSTANTI, *Diccionario de artistas que florecieron en Galicia ...* p. 364.

¹³⁶ Sobre la plaza, v. Antonio BONET CORREA, «El urbanismo barroco y la plaza del Obradoiro en Santiago de Compostela», *Archivo Español de Arte*, 1959, pp. 215-228; sobre las intervenciones sucesivas en la catedral, Salvador TARRAGÓ CID, «Las Matrioskas de Santiago», *Obradoiro*, Junio 1978, y Antón CAPITEL, *Metamorfosis de monumentos y teorías de la restauración*, Madrid, Alianza, 1988, p. 120.

¹³⁷ Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...*, pp. 1307-1308.

¹³⁸ Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, p. 122.

¹³⁹ Antonio LÓPEZ FERREIRO, *Historia de la Santa A. M. Iglesia de Santiago de Compostela*, t. IX, pp. 34-35; Victoriano GONZÁLEZ, «La catedral de Santiago», en *Galice Romane*, St. Léger Vauban, Zodiaque, 1973 (Tr. española, *La España Románica. Galicia*, Madrid, Encuentro, 1979, p. 131); Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...*, pp. 1316-1320.

levantó el enlosado de la terraza de desembarco de las escaleras, y Moralejo y Puente Míguez, entre polémicas, identificaron los restos de una escalera medieval que desembocaba ante las puertas laterales de la fachada con un tramo perpendicular al imafronte;¹⁴⁰ pero esta escalera no parece ser una de las que menciona López Ferreiro, pues su eje no coincide con el de la actual escalera exterior. Vila Jato entiende que la escalera a la que se refiere López Ferreiro fue construida en el marco del proyecto de renovación de la plaza de la Trinidad abordado por el arzobispo Alonso III Fonseca entre 1519 y 1524.¹⁴¹ Según esta interpretación, la obra realizada en 1606 fue una reforma de las escaleras existentes, y no la implantación de una escalera de nueva planta.¹⁴²

Ahora bien, la reforma debió de ser prácticamente total,¹⁴³ pues según Goy Diz «en 1606 todavía no se había reformado el Palacio Arzobispal, y el lienzo mural estaba retrasado aproximadamente tres metros respecto al actual, tampoco existía el estribo de la torre de la Carraca por lo que la terraza y la escalera, en cierto modo invadían la plaza», por lo que Aranda «desmontaría parte de la obra de Fonseca». Como prueba, nos dice que en 1607 se emprenden gestiones ante los regidores para adelantar el muro, lo que se lleva a efecto en 1608.¹⁴⁴ También Vila Jato opina

¹⁴⁰ J. A. PUENTE MÍGUEZ, «La fachada exterior del Pórtico de la Gloria y el problema de sus accesos», en *Actas / Simposio Internacional sobre 'O Pórtico da Gloria e a Arte do seu Tempo'*. Santiago de Compostela, 3-8 de Outubro de 1988, Santiago de Compostela, Dirección Xeral de Cultura, 1991, pp. 121-122; Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...*, pp. 1315-1316.

¹⁴¹ María Dolores VILA JATO, y José Manuel GARCÍA IGLESIAS, *Galicia en la época del Renacimiento*, Santiago de Compostela, Hércules, 1993, p. 133. Según este trabajo, en los años veinte se realizarían las subidas exteriores, tomando como modelo la escalera bramantesca del patio del Belvedere, o quizá la de Diego de Siloé en la Catedral de Burgos, habida cuenta de la relación de los Fonseca con Siloé. Sin embargo, hay que señalar que es precisamente la escalera interior la que sigue el esquema del patio del Belvedere o de Burgos. En efecto, haciendo abstracción de la situación exterior o interior, la escalera vaticana es fruto de la unión de dos escaleras de dos tramos paralelos al talud que se quiere salvar; la burgalesa añade a este esquema un pequeño tramo inicial perpendicular al desnivel. Si consideramos aisladamente las dos subidas interiores de la escalera de Santiago, el esquema es exactamente el de la escalinata bramantesca. En cambio, las dos subidas exteriores de la escalera actual son de tres tramos en «C», y si las vemos por separado, son por su traza escaleras claustrales de tradición española. El precedente más claro de la pareja exterior es, quién lo diría, el par de escaleras claustrales del Colegio Mayor de Santiago o de los Irlandeses en Salamanca, precisamente la obra que Siloé realiza para los Fonseca. Pero no pueden considerarse modelo directo, puesto que presentan simetría central y no axial, como se discute más adelante.

¹⁴² En cambio, para J. A. PUENTE MÍGUEZ, «La fachada exterior del Pórtico de la Gloria y el problema de sus accesos», en *Actas / Simposio Internacional sobre 'O Pórtico da Gloria e a Arte do seu Tempo'*, p. 118, «el arzobispo Don Maximiliano de Austria construye una nueva escalinata de acceso al Pórtico de la Gloria, destruyendo la existente y alterando radicalmente el aspecto exterior del pórtico de acceso a la Cripta».

¹⁴³ No sabemos con seguridad nada del trazado de las escaleras medievales ni las que supuestamente construye del Arzobispo Fonseca. Moralejo se refiere únicamente a la desembocadura de las escaleras y Ferreiro a «una serie de peldaños». Nada asegura que cada elemento de la pareja contara con más de un tramo; leyendo literalmente a López Ferreiro tendríamos únicamente dos subidas independientes compuestas cada una por un sólo tramo perpendicular a la fachada.

¹⁴⁴ J. A. PUENTE MÍGUEZ, «La fachada exterior del Pórtico de la Gloria y el problema de sus accesos», en *Actas / Simposio Internacional sobre 'O Pórtico da Gloria e a Arte do seu Tempo'*, p. 118. Para adelantar el

que el revestimiento de la escalera exterior corresponde a Martínez de Aranda. El examen del monumento confirma este análisis, pues tanto en el pretil de la escalera exterior como en la balaustrada de la interior se repite un motivo más que singular, la pilastra mitad recta, mitad oblicua, a la que tendremos ocasión de referirnos más adelante, y no hay diferencia apreciable entre la piedra de una escalera y otra, al contrario de lo que sucede con el pretil de la terraza, decorado con anillos, que no aparece en el dibujo del fabriquero José de Vega y Verdugo. Sea como sea, lo que nadie pone en duda es que la disposición actual de la escalera y el revestimiento del conjunto, incluidas las escaleras exteriores,¹⁴⁵ pero no el pretil de la terraza, se debe al maestro baezano, reutilizando elementos de la escalera de los años veinte o incluso de la medieval para obtener una composición enteramente nueva.

El resultado de esta intervención es la unión de dos escaleras claustrales de tradición española con una tercera de dos subidas de dos tramos, derivada tipológicamente de la escalinata bramantesca que dividía en dos el patio del Belvedere o de la vignolesca que da acceso a la Villa Farnesio en Caprarola, como sugiere Agustín Bustamante; una y otras quedan enlazadas con notable ingenio y dominio de la geometría de las escaleras, que como veremos al tratar de los *caracoles*, no es nada simple.¹⁴⁶

Esta operación combinatoria se inscribe en una larga y bien conocida serie de escaleras del quinientos español y en cierto modo le da remate.¹⁴⁷ La primera

muro, era preciso que previamente se hubieran anulado algunos escalones. Si cada una de las dos subidas de la escalera de Fonseca tenía un solo tramo perpendicular al muro como la medieval, Aranda habría sustituido los últimos ocho o diez escalones de los tramos perpendiculares por un tramo paralelo y añadido otro tramo paralelo hacia la plaza, quizá para reducir la salida del conjunto. Por el contrario, si cada una de las subidas de la escalera de Fonseca era de tres tramos, como parece desprenderse del trabajo de Vila Jato, se trataría de trasladar toda la escalera tres metros hacia la plaza y después revestirla, operación que tal vez sería de mayor coste que reedificarla partiendo de cero; además no se entiende bien tal operación en un elemento que no se valora y por eso se recubre en tiempos de Aranda, como reconoce la práctica totalidad de los autores que han trabajado sobre el tema.

¹⁴⁵ Salvo las rejas, obra del maestro Antonio García en 1791; v. Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, p. 123.

¹⁴⁶ Arnaldo BRUSCHI, *Bramante*, Londres, Thames and Hudson, 1973 (Tr. española de Rosario Ochoa y Consuelo Luca de Tena, *Bramante*, Madrid, Xarait, 1987, pp. 172-178); Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, «La influencia italiana en la escalera española del Renacimiento», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, p. 173 y *El siglo XVII. Clasicismo y barroco*, Madrid, Sílex, 1993, p. 47; Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, p. 253; «La arquitectura del clasicismo en Galicia», en *Galicia no tempo. Conferencias/otros estudios*, Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, 1991, p. 177. Para la métrica de los caracoles v. p. 188 del Tomo III de este trabajo. Es interesante también el dibujo de Dosio reproducido en James S. ACKERMAN, *The Architecture of Michelangelo*, Londres, Zwemmer, 1961 (2ª ed. de bolsillo, Londres, Pelican, 1986, p. 220).

¹⁴⁷ Para un análisis general de las escaleras españolas del Renacimiento, v. Nikolaus PEVSNER, *Outline of European Architecture*, 1943 (Tr. esp. de René Taylor, *Esquema de la Arquitectura Europea*, Buenos Aires, Infinito, 1957, 5ª ed. 1988, pp. 304-307); Harold E. WETHEY, «Escaleras del primer renacimiento español», *Archivo Español de Arte*, 1964; Antonio BONET CORREA, «Le scale imperiale spagnoli», en

escalera del Renacimiento hispánico, al menos en sentido amplio, es la del Colegio de San Gregorio de Valladolid, de alrededor de 1488 a 1496 y de dos tramos.¹⁴⁸ Pero a partir de este momento se impone la escalera denominada claustral, de tres tramos en «C», con numerosísimos ejemplos a partir de la de San Juan de los Reyes de Enrique Egas en 1504.¹⁴⁹ Un tipo menos frecuente es la escalera claustral de cuatro tramos, como la del Patio de los Evangelistas del Escorial, de Juan Bautista de Toledo o la de un convento incierto, quizás Uclés, publicada por Ruiz de Arcaute y Chueca.¹⁵⁰

Hacia los años cuarenta comienzan los intentos de disponer parejas de escaleras claustrales de forma simétrica; el primer intento se realiza, significativamente, en el Colegio Mayor del Arzobispo Fonseca en Salamanca, con trazas de Diego de Siloé.¹⁵¹ Pero la implantación de las escaleras salmantinas es singular, pues no se trazan con simetría biaxial, sino con simetría central; dicho de otro modo, se pueden obtener una de otra mediante un giro de ciento ochenta grados. La razón de tan extraña operación puede ser el deseo de respetar la práctica tradicional según la cual las escaleras claustrales españolas se trazan de manera que al subir se vaya girando hacia la izquierda, y al mismo tiempo ofrecer una imagen simétrica de sus aberturas al piso alto.

Además de disponer las «Ces» cara a cara como en Salamanca, se pueden disponer espalda con espalda dando lugar a una «H» de cinco tramos, como en el Alcázar de Madrid de 1536,¹⁵² o en el Hospital de Tavera toledano fundado en

Galeazzo Alessi e l'architettura del cinquecento. Atti del Convegno Internazionale di studi, Génova, Sagep, 1975, pp. 631-645; Santiago SEBASTIÁN, «Arquitectura», *El Renacimiento*, Madrid, Alhambra, 1980, pp. 30-32; Miguel Angel ZALAMA, *El Palacio de La Calahorra*, Granada, Caja General de Ahorros de Granada, 1990, pp. 96-103, y especialmente Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, pp. 151-188, fundamental para lo que se expone aquí, aunque la línea evolutiva que propone haya sido revisada después por las aportaciones de Fernando Marías a las que nos referimos más adelante. En un ámbito más amplio, v. Jean GUILLAUME, «Genèse de l'escalier moderne», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, p. 11-13.

¹⁴⁸ Harold E. WETHEY, «Escaleras del primer renacimiento español», p. 295.

¹⁴⁹ Harold E. WETHEY, «Escaleras del primer renacimiento español», p. 297; Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, p. 216.

¹⁵⁰ Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, Madrid, Espasa Calpe, 1936, p. 138; Catherine WILKINSON, «The Escorial and the invention of the Imperial Staircase», *Art Bulletin*, 1975, pp. 77-79.

¹⁵¹ Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, p. 61 de la ed. de 1983; Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, p. 215.

¹⁵² Juan José MARTÍN GONZALEZ, «El Alcázar de Madrid en el siglo XVI», *Archivo Español de Arte*, 1962, p. 5; «Felipe II planifica el diseño arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, p. 332; Veronique GÉRARD, *De castillo a palacio. El Alcázar de Madrid en el siglo XVI*, Madrid, Xarait, 1984 (Tr. española de Juan del Agua, pp. 24, 37-42); «L'escalier de l'Alcázar de Madrid», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, pp. 161-164.

1541,¹⁵³ dos obras en las que de nuevo interviene Alonso de Covarrubias. También se pueden unir las dos «Ces» por los lados, originando una «E» de cinco tramos, ya sea entrando por dos tramos y saliendo por uno, como en el proyecto de San Miguel de los Reyes de Valencia de 1546,¹⁵⁴ o entrando por un tramo y saliendo por dos como en la escalera del Alcázar de Toledo, para la que realiza un proyecto Alonso de Covarrubias hacia 1550, se comienza bajo Francisco de Villalpando en 1559 y se termina hacia 1575 por Martín de Berra a las órdenes de Juan de Herrera.¹⁵⁵ Si no existen los dos tramos intermedios, tenemos el tipo más conocido de todos los que analizamos aquí, la escalera imperial del monasterio escorialense, de 1569, en la que intervienen Juan Bautista de Toledo, Giambattista Castello «Il Bergamasco» y Juan de Herrera,¹⁵⁶ que según Marías tiene precedentes en un proyecto de Covarrubias para el monasterio valenciano de San Miguel de los Reyes y en la del Colegio de San Esteban de Murcia.¹⁵⁷ Rizando el rizo, se llega a composiciones más complejas como la doble «T» de la escalera que da acceso al estanque de la huerta de El Escorial, de Francisco de Mora, construido entre 1588 y 1599¹⁵⁸ o la de dos «Ces» entrelazadas y dispuestas con simetría central de un convento atribuido a Juan de Herrera.¹⁵⁹

En el conjunto del Obradoiro se da una síntesis tanto estilística como tipológica que nos revela mucho de la concepción de la arquitectura de Aranda. Se aborda una operación combinatoria que por su complejidad da cima a la tradición quinientista española, tomando dos escaleras claustrales unidas frente a frente y

¹⁵³ Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, p. 83; «The Escorial and the invention of the Imperial Staircase», p. 69; v. también Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, p. 254; «La Escalera Imperial en España», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, p. 165.

¹⁵⁴ Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, pp. 164-167; Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 250-251.

¹⁵⁵ Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, pp. 167-176.

¹⁵⁶ Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. II, p. 3, niega su intervención, pero Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 173, 181; matiza que «Si esto es así, la situación y perímetro de la caja [...] se debe a Juan Bautista de Toledo. La [...] escalera imperial con sus rampas a [...] Bergamasco, y la gran caja abierta a Juan de Herrera».

¹⁵⁷ V. Catherine WILKINSON, «The Escorial and the invention of the Imperial Staircase», *Art Bulletin*, 1975, pp. 79-90; Giovanna ROSSO DEL BRENNIA, «Il ruolo di G. B. Castello il Bergamasco», en *Galeazzo Alessi e l'architettura del cinquecento. Atti del Convegno Internazionale di studi*, Génova, Sagep, 1975, p. 620; John B. BURY, «Las contribuciones de Juan de Herrera al proyecto de El Escorial», *Goya*, 1986, p. 335; Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 433; «La Escalera Imperial en España», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, p. 165; *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*, Madrid, Sílex, 1992, 163-164; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, «Juan de Herrera y el Escorial», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, p. 24.

¹⁵⁸ V. Catherine WILKINSON, «The Escorial and the invention of the Imperial Staircase», pp. 87, 88; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 601. Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. II, p. 13 cita también las dos de la Fuente Nueva de Ocaña.

¹⁵⁹ Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, pp. 183-184.

Figura 27. Informe de José Vega y Verdugo sobre obras en la catedral de Santiago de Compostela.

Figura 28. Balaustres y pretil de la escalera del Obradoiro de la catedral de Santiago de Compostela.

añadiéndoles una tercera de tipo bramantesco; la unión entre el modelo español y el italiano nos está diciendo en qué manera Aranda entendía las soluciones itálicas como enriquecimiento, y no sustitución, de la tradición ibérica.

Podemos por otra parte preguntarnos si la escalera del Obradoiro no es además hispánica en otro sentido; si el hábito mental de combinar dificultades que explica la multiplicación de *trazas* casi hasta el infinito en el manuscrito de Aranda no es el mismo que le lleva a ensamblar tres escaleras en Santiago, resolviendo problemas geométricos de naturaleza no muy diferente.¹⁶⁰

El detalle nos confirma esta manera de abordar el problema. Los anillos del paramento de las escaleras exteriores se pueden vincular a obras ejecutadas por el maestro baezano en su primer período como el crucero de San Pedro de Castillo de Locubín, relacionadas en último término con la tradición sangallesca o rafaesca y los florones planos son similares al de arco de acceso a la capilla de la Concepción de San Juan de Castillo de Locubín.¹⁶¹ Como ha señalado Gila Medina, la portada de acceso a la cripta de la catedral santiaguesa repite la composición de la portada meridional de la abadía de La Mota. Los frontones curvos partidos ya están presentes en la portada lateral de San Pedro de Castillo de Locubín y en dos portadas de la iglesia de La Mota, la del Perdón y la llamada del Cabildo, en el interior de la iglesia abacial;¹⁶² el friso de casetones también lo encontramos en la portada del Perdón; los tenantes de los escudos de don Maximiliano podrían derivar de modelos ubetenses o baezanos como los del palacio del Marqués de la Rambla, o la fuente de la plaza de Santa María, de su tío Ginés Martínez;¹⁶³ pero el gesto singular del de la izquierda, que se tapa un ojo, tal vez alude al Islam desconocedor de la verdadera fe, lo que por otra parte formaría un conjunto iconológico con el relieve de la Batalla de Clavijo del descanso central de la escalera interior.

Si estos detalles se relacionan con el manierismo andaluz, vinculado en último término a Italia, los relacionados con la inclinación de la escalera [28] se separan abiertamente de los modelos italianos y optan por soluciones francesas y españolas. Philibert de L'Orme lanza un ataque frontal contra la otra escalera bramantesca del Belvedere, interior y helicoidal:

¹⁶⁰ Cf. Jean GUILLAUME, «Genèse de l'escalier moderne», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, pg 11: «quelques maîtres imaginatifs inventent de nouveaux systèmes scalaires susceptibles de variations infinies», como las *muchas figuras en infinito* de Aranda. Sobre la combinatoria en Philibert de L'Orme, v. Manuela MORRESI, «Philibert de L'Orme. Le patrie de la lingua», en Anthony BLUNT, *Philibert de L'Orme*, Milán, Electa, 1997, p. 169-171.

¹⁶¹ Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...*, pp. 1325-1326.

¹⁶² Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...*, p. 1324.

He visto un escalera parecida [...] en el lugar llamado Belvedere junto al palacio del Papa en Roma [...] una escalera redonda bastante grande con hueco en el centro, por el que recibe la luz [...] es una obra bella y bien hecha. Pero si el Arquitecto que la dirigió hubiera conocido los trazados de Geometría [...] la hubiera hecho rampante en todas sus partes, incluso las basas y capiteles, que los ha hecho todos cuadrados, como si fueran para un pórtico que fuera derecho y a nivel; por encima de los capiteles y por debajo de las basas [...] ha puesto cuñas de piedra para ganar la altura de la rampa. Esto muestra que el obrero que la ha hecho no sabía lo que el Arquitecto tiene que saber. Porque en lugar de hacer la bóveda de ladrillo, la habría hecho de piedra labrada, y de una columna a otra arcos rampantes [...] Así hubiera demostrado conocer bien su arte de Arquitectura. Es un buen tema para hacer una bóveda, [...] acompañada de compartimentos y molduras todas rampantes y hubiera sido cosa sin par [...]¹⁶⁴

Encontramos ejemplos de estas soluciones en España mucho antes de la publicación del *Premier tome de l'Architecture* en la escalera del Hospital de Santa Cruz, la capitular de la catedral de León entre 1523 y 1534, la desaparecida del palacio arzobispal de Alcalá, la de Soto de San Esteban de Salamanca hacia 1560 y, precisamente, la del Colegio Mayor salmantino del Arzobispo Fonseca;¹⁶⁵ en la literatura de la cantería, aparece en el *Caracol de Emperadores* de Vandelvira.¹⁶⁶ Como en todos estos ejemplos, los balaustres de la escalera santiaguesa se disponen sin emplear líneas horizontales; en lugar del procedimiento de trazado de Bramante, empleado en la balaustrada de la escalera del castillo de La Calahorra,

¹⁶³ Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, pp. 119, 123; Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...* p. 1325.

¹⁶⁴ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 124-124 v.: «L'ay veu vne vis quasi semblable [...] au lieu nommé Bellevedere pres le Palais du Pape à Rome [...] vne vis ronde assez grande & à iour par le milieu, dont elle reçoit la clarté [...] se montre l'oeuvre fort belle & bien faite. Mais si l'Architecte qui l'a conduite eust entendu les traicts de Geometrie [...] il eust fait tout remper, ie dy iusques aux bases & chapiteaux, qu'il a fait tous quarrez, comme s'il les eust voulu faire servir à vn portique qui est qui est droit & à nyveau: par les dessus des chapiteaux, & au dessous des basses [...] il y a mis des coings de pierres por gagner la hauteur du rempart. Laquelle chose montre que l'ouurier qui l'a faite n'entendoit ce qu'il fault que l'Architecte entende. Car au lieu qu'il a fait la voute de brique, il l'eust faite de pierre de taille, & d'une colonne a autre des arcs rampants [...] Par là on eust cogneu qu'il eust bien entendu son art d'Architecture. Cela estoit vn fort beau subiect pour faire vne voute [...] estant accompagnée de compartiments et moulures totes rampantes, & eust esté chose nom-pareille [...]». V. Anthony BLUNT, *Philibert de l'Orme*, Londres, Zwemmer, 1958, pp. 14, 78, 116; Arnaldo BRUSCHI, *Bramante*, pp. 187-190 de la trad. española; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, «Le sixième ordre d'architecture ou la pratique des ordres suivant les nations», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1977, p. 239; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996, p. 135; Manuela MORRESI, «Philibert de L'Orme. Le patrie de la lingua», en Anthony BLUNT, *Philibert de L'Orme*, Milán, Electa, 1997, pp. 171-172.

¹⁶⁵ Para León, v. María Dolores CAMPOS SÁNCHEZ-BORDONA, *Juan de Badajoz y la arquitectura del Renacimiento en León*, pp. 333-343 y esp. 335; para la escalera de Soto, Manuel GÓMEZ-MORENO, *Catálogo Monumental de España. Provincia de Salamanca*, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1967, p. 225. Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 189-190 cita los precedentes franceses de Blois y Chambord, de 1515-1525 y 1518-1526 respectivamente, según Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *De la Renaissance à la Révolution*, pp. 60, 64-66.

¹⁶⁶ Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 252.

Figura 29. Juan de Caramuel y Lobkowitz, *Arquitectura civil recta y oblicua*, p. IV, lám. I y VI.

Figura 30. Guarino Guarini, *Architettura Civile*, trat. III, lám. XV.

Figura 31. Guarino Guarini, Architettura Civile, trat III, lám. XV.

traída de Génova,¹⁶⁷ se siguen las recomendaciones de De L'Orme, que después encontrarán su lugar en los textos de estereotomía españoles y franceses hasta la época de Frézier y Portor y Castro.¹⁶⁸ También la decoración exterior de la caja juega con el tema de la oblicuidad propio de la escalera y deforma los casetones y los anillos al modo de los «compartements» delormianos.¹⁶⁹ El detalle es muy revelador porque Aranda incluye en la *Difinition* primera de la tercera parte de los *Cerramientos* un procedimiento para deformar molduras, intercalado entre otros problemas que hoy incluiríamos en el campo de la estereotomía; y al inicio de la primera parte dice que *Traza es toda cualquiera figura que en su distribución causare alguna alteración de robos y extendimiento de líneas y circunferencias*; es decir, la esencia de la *traza de monte* es la deformación geométrica y estos refinamientos decorativos debían de estar para Aranda mucho más próximos a la tomotecnia de lo que pueda parecernos hoy.

El racionero Vega y Verdugo habla en su informe de 1657 del «famoso estribo por el maestro Ginés Martínez».¹⁷⁰ Recientemente se ha limitado también la participación de Aranda en este estribo de la torre de las Campanas, que forma parte de la fachada del Obradoiro de la catedral. Lo cierto es que el célebre contrarresto es obra de muchas manos, empezando por Juan de Herrera, el de Gajano, que trabaja en él en 1566 con trazas de Rodrigo Gil de Hontañón, pasando por Martínez de Aranda en la primera década del siglo XVII, por González de Araujo hacia 1614 e incluso por reformas posteriores al informe de Vega y Verdugo.¹⁷¹ Es claro que en el Santiago de mediados del siglo XVII, con

¹⁶⁷ Carl JUSTI, «Anfänge der Renaissance in Granada», *Jarbuch der Königlich preussischen Kunstsammlungen*, 1891 (Trad. española en *Estudios sobre arte español*, Madrid, La España Moderna, s. f.); Catherine WILKINSON «La Calahorra and the Spanish Renaissance staircase», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, p. 156 y Miguel Angel ZALAMA, *El Palacio de La Calahorra*, p. 53, confirman la noticia de Justi respecto a las piezas de la escalera y por tanto lo italiano del **detalle**; esto no es obstáculo para que el segundo señale que el **trazado general**, claustral, sí es de tradición española.

¹⁶⁸ Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708 (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114, f. 3 v.); Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, pp. 174-176.

¹⁶⁹ Andrés A. ROSENDE VALDÉS, «El Renacimiento. Arquitectura», *Historia del Arte Gallego*, Alhambra, 1982, p. 212, pone en relación el revestimiento de la escalera exterior con Wendel Dietterlin. La asociación es interesante en tanto en cuanto relaciona el motivo arandino con el manierismo nórdico, pero hay que tener en cuenta que el nombre de Dietterlin no figura ni siquiera en el inventario de la copiosa biblioteca de Juan de Herrera. V. Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, pp. 150-171; Francisco Javier SÁNCHEZ CANTÓN, *La librería de Juan de Herrera*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1941; Luis CERVERA VERA, *Inventario de los bienes de Juan de Herrera*, Valencia, Albatros, 1977.

¹⁷⁰ José VEGA Y VERDUGO, *Informe dado por el señor Don José Vega y Verdugo, ..., canónigo fabriquero de esta Santa Iglesia Metropolitana de Santiago y Arquitecto para la construcción de varias obras en la misma*, transcrito en Francisco Javier SÁNCHEZ CANTÓN, *Opúsculos gallegos de las Bellas Artes*, p. 48; Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, pp. 117, 121, 275.

¹⁷¹ Acta del Cabildo de 26 de Noviembre de 1566, transcrita por Antonio LÓPEZ FERREIRO, *Historia de la Santa A. M. Iglesia de Santiago de Compostela*, t. VIII, p. 117: «la neçesidad que hay en la obra nueva que se

testigos vivos de lo ocurrido a principios de siglo, se pensaba que la configuración del cuerpo inferior del estribo, que era básicamente igual a la actual, se debía a Martínez de Aranda, por lo que hay que entender que el estribo que se comenzaba a levantar en 1566 fue terminado, reformado, o demolido y levantado de nuevo por Aranda. No queda claro a quién corresponde la portadita de la capilla situada en el interior del primer cuerpo del estribo, de columnas sobre altísimos pedestales. Otra cosa son las reformas hechas después, tanto la de González de Araujo, que levantó el cuerpo superior, como otras posteriores al informe de Vega y Verdugo.

Otra obra de paternidad discutida es el coro y trascoro de la catedral, hoy casi desaparecido. El viejo coro pétreo del Maestro Mateo resultaba insuficiente; su sustitución comienza justamente a la llegada de Martínez de Aranda; si es nombrado maestro mayor el 31 de Diciembre de 1603, el 28 de Enero los capitulares resuelven «que se prosiga la obra del coro y se empiece a asentar».¹⁷² Es decir, antes de la llegada de Aranda debería de existir una traza, como dice Goy Diz, y debía de haber comenzado la labra de los sillares del trascoro, pero se comienzan a colocar bajo su maestría. Por tanto hay que considerar a Aranda director, y no tracista, del trascoro; en cualquier caso, la cuidadosa labra y la elegancia del orden corintio sí que se deberían a él. En cambio, para la sillería de coro propiamente dicha, se puede suponer como hace Goy que la traza es anterior y que Aranda únicamente interviene en su tasación.¹⁷³

haze en la plaça del hospital del quarto nuevo que es el estribo de la torre de las campanas y del lienzo de la claustra questá a la parte de la travesía, baya adelante por el sentimiento que hace el dicho lienzo y en la dilación hay peligro porque el dicho lienzo está muy sentido, se mando que se prosiga la obra conforme a la traza que hizo Rodrigo Gil hasta llegar al cabo de la esquina y que se compren las casas que estan junto al lienzo de la dicha claustra necesarias para la dicha obra». V. María Dolores VILA JATO, «El claustro de la Catedral de Santiago», en *Estudios sobre historia de Arte ofrecidos al Prof. Dr. Ramón Otero Túniz, en su 65 cumpleaños*, Santiago de Compostela, 1991, pp. 114-115, que atribuye la ejecución de la obra a Juan de Herrera, el de Gajano, y supone que el estribo estaba terminado en 1590 y que la intervención posterior de Ginés Martínez de Aranda debió ser «una pequeña reforma», razón por la cual no se recogería en las actas capitulares. V. también de la misma autora y José Manuel GARCÍA IGLESIAS, *Galicia Arte. Galicia en la época del Renacimiento*, Santiago de Compostela, Hércules, 1993, p. 107; Antonio CASASECA CASASECA, *Rodrigo Gil de Hontañón*, p. 100; Luis CERVERA VERA, «Tres homónimos y contemporáneos del arquitecto escurialense Juan de Herrera», *Boletín del Seminario de Arte y Arqueología*, 1982, pp. 225-226; *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, Valencia, Albatros, 1985, p. 79.

¹⁷² Antonio LÓPEZ FERREIRO, *Historia de la Santa A. M. Iglesia de Santiago de Compostela*, t. VIII, pp. 334, 384; José Manuel PITA ANDRADE, «El coro pétreo de maestre Mateo en la Catedral de Santiago», en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, 1976, pp. 449-451; Victoriano GONZÁLEZ, «La catedral de Santiago», en *Galice Romane*, p. 159 de la trad. española.

¹⁷³ Pablo PÉREZ COSTANTI, *Diccionario de artistas que florecieron en Galicia durante los siglos XVI y XVII*, Santiago de Compostela, Seminario Central, 1930, p. 364; Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, p. 121; Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...* pp. 1307, 1347-1348.

Sillería y trascoro fueron desmontados en 1947,¹⁷⁴ pero podemos hacernos una idea de su aspecto por los paños todavía conservados entre la nave central y las laterales y por fotografías de Lacoste.¹⁷⁵ El trascoro propiamente dicho constaba de tres arcos muy apretadamente dispuestos entre pilastras corintias, con una ménsula en la clave, de los que los dos laterales estaban ciegos y el central, desfigurado por adornos barrocos, a modo de arcosolio albergaba un altar dedicado a la Virgen, como es frecuente en los trascoros. Los lados del coro se trataban también con tres arcos ciegos, de los que hoy restan dos a cada lado, abiertos de manera que permitan el paso de la nave central a las laterales. El detalle más singular del coro lo constituyen las ménsulas con incisiones que soportan la cornisa, derivadas de Serlio o De L'Orme;¹⁷⁶ si en la portada meridional de la iglesia de la Mota Aranda había utilizado elementos muy similares a la portada del f. 147 de *Tutte l'opere ...* unificando las ménsulas y los triglifos planos para utilizar sólo estos últimos, en el trascoro compostelano el friso se resuelve únicamente con ménsulas; el detalle se repite en la portada del Colegio de San Clemente, que como veremos se ha de atribuir a Jácome Fernández, colaborador de Aranda en esta etapa compostelana.

Más indirecta es la relación de Aranda con la reforma y explanación de la plaza de la Quintana, a la que se deben las populares gradas. En su testamento de 1602 el arzobispo don Juan de Sanclemente deja 8.000 ducados para las obras, que iniciadas en 1604, languidecen en tiempos de la maestría de Aranda según Goy Diz. En 1611 el fabriquero Alonso López presenta una traza al Cabildo para ejecutar las obras, que no debían de ir muy adelantadas, pues todavía se discute cómo evitar daños a los cimientos del monasterio de San Paio de Antealtares; la obra la termina unos años después Francisco González de Araujo, bajo la dirección de Jácome Fernández.¹⁷⁷

Sí está confirmada la intervención de Martínez de Aranda en el monasterio benedictino de San Martín Pinario, por el Libro de Visitas de 1605-1646, según el cual el 22 de Noviembre de 1611 el visitador ordena que «se prosiga la obra

¹⁷⁴ Victoriano GONZÁLEZ, «La catedral de Santiago», en *Galice Romane*, p. 159 de la trad. española.

¹⁷⁵ Reproducidas en Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, lám. 36 y Kenneth John CONANT, *Arquitectura Románica da Catedral de Santiago de Compostela*, Santiago, Colegio de Arquitectos, 1983, p. 22.

¹⁷⁶ Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...*, pp. 1349-50 las hace depender de Serlio, pero no especifica a que modelo se refiere; el motivo se puede encontrar en Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'architettura*, Venecia, 1600, L. IV. f. 147, f. 158; v. también Philibert DE L'ORME, *Le Premier Tome De l'Architecture*, 1567, f. 261 v.

¹⁷⁷ Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, Madrid, Instituto Diego Velázquez, 1966, p. 124; «El urbanismo barroco y la plaza del Obradoiro en Santiago de Compostela», *Archivo Español de Arte*, 1959, p. 219; Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...* pp. 1350-1351; Jose Manuel GARCÍA IGLESIAS, *A catedral de Santiago e o Barroco*, Santiago de Compostela, Colegio de Arquitectos, 1990, p. 54.

principal de la iglesia sin levantar la mano della [...] y en la dicha obra se siga en todo la traza y modelo de Ginés Martínez, maestro de cantería».¹⁷⁸ Bonet Correa resalta las diferencias de diseño entre la nave, realizada en tiempos del portugués Mateo López y los brazos del crucero; por otra parte atribuye a Aranda la capilla doméstica u oratorio de San Felipe Neri, que compara con las sacristías de la catedral de Sigüenza y la Sacra Capilla del Salvador de Úbeda; en un trabajo posterior, al hilo de los *Cerramientos*, trata de la portada de la capilla doméstica asimilándola al *arrière-voissure de Saint-Antoine*, atribuyéndosela a Aranda conjuntamente con otra portada situada junto a ésta, así como el crucero de la iglesia.¹⁷⁹ Estas atribuciones han sido revisadas en los últimos años por Vila Jato y Goy Diz; según la primera autora la capilla doméstica haría en un primer momento las veces de sacristía y sería atribuible por razones estilísticas a Mateo López, que seguiría en la dirección de la obra hasta su muerte en 1606 y al que se deberían también los brazos del crucero. Según la autora, la «traza y modelo» que habría realizado Aranda sería de la Tulla o granero o la escalera interior que permitía el acceso a la iglesia desde la calle, eliminada en 1771 al construir una escalera exterior. La atribución de la Tulla de orden toscano a Aranda, que había empleado este género en las columnas de Santa Cruz de Cádiz, es atractiva; pero la exclusión de Aranda de la obra principal de la iglesia no concuerda con la evidencia documental.¹⁸⁰ Goy Diz sigue la línea de Vila Jato con matices, pues fecha la terminación de las obras de la capilla doméstica en 1596 y aclara que el claustro de

¹⁷⁸ Pablo PÉREZ COSTANTI, *Diccionario de artistas ...*, p. 364; María Dolores VILA JATO, y José Manuel GARCÍA IGLESIAS, *Galicia Arte. Galicia en la época del Renacimiento*, p. 131. No puede darse por asegurado que existan planos y una maqueta, pues en ocasiones la voz MODELO se emplea para referirse a dibujos; se especifica que la obra de la catedral de Guadix se hará «Conforme a la **traça e modelo** que a dado pintado en un pliego de papel ». V. Carlos ASENJO SEDANO, «Diego de Siloé en la Catedral de Guadix», en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, Universidad de Granada, 1977, p. 215, y p. 140 y ss.

¹⁷⁹ Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, pp. 126-127; y «Dos ejemplos de cortes de cantería de Ginés Martínez de Aranda en Santiago de Compostela», en *En torno al arte auriense. Homenaje a Don José González Paz*, y ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, pp. 141-142; Fernando MARÍAS, «La arquitectura del clasicismo en Galicia», en *Galicia no tempo. Conferencias/otros estudios*, Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, 1991, p. 177.

¹⁸⁰ María Dolores VILA JATO, «San Martiño Pinario no seu acontecer pasado: O esplendor dun monasterio», *Galicia no tempo. Catálogo*, Xunta de Galicia, 1990, pp. 71-72; «Precisiones sobre la construcción del monasterio de San Martín Pinario de Santiago», *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, Madrid, Universidad Complutense, 1994, p. 450; sin embargo, en *Galicia Arte. Galicia en la época del Renacimiento*, 1993, pp. 120, 136, dice que el encargo de la obra a Mateo López en 1598 «deslinda claramente la primera fase constructiva que le pertenece [a López] de la segunda, a partir del crucero, dirigida por Ginés Martínez y posteriormente por Bartolomé Fernández Lechuga», si bien «el arquitecto andaluz solamente debió intervenir en la zona del transepto». Por otra parte, Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, p. 124, da 1751 como fecha de la reforma de la escalera.

las procesiones fue iniciado algo antes de 1636 con trazas de Bartolomé Fernández Lechuga, lo que excluiría a Aranda de la autoría de los capialzados, pero reabre la cuestión de la «traza y modelo» cuando dice que Lechuga propone, «quizá siguiendo la vieja traza de Ginés Martínez», una cúpula de gallones para cubrir el crucero.¹⁸¹

De tal manera, sabemos que Martínez de Aranda proyectó una obra y que en 1611, tres años después de la última noticia que lo sitúa en Santiago, todavía se trabajaba de acuerdo a sus *trazas* en la iglesia, pero aún nos encontramos en la situación que describía Bonet en 1964; no es fácil saber con certeza a qué parte de la iglesia se referían estos planos y en qué medida se llevaron a cabo. La iglesia se inició en 1590 y debía de estar relativamente avanzada a la muerte de Mateo López en 1606,¹⁸² con un tramo de la nave cubierto al decir de Bonet, con lo que la decisión de resolver la mayor parte de las cubiertas con bóveda de casetones estaba tomada; también deberían de estar al menos abiertos o replanteados los cimientos del resto de la planta, lo que explicaría los rasgos portugueses que señala este autor como la capilla mayor profunda. Por otra parte, parece claro que si la *traza* era de la obra principal de la iglesia y debía seguirse en todo, se trataba de un plano y una maqueta generales y no de detalle. En tales condiciones, hay que suponer que la *traza* de Aranda se limitaría a reordenar algunos aspectos del proyecto de López; quizá la altura de los brazos del crucero y la capilla mayor y la su articulación con la nave muy avanzada en ese momento, o quizá también una primera idea de cúpula, que luego desarrollaría Fernández Lechuga.

En esta dirección apunta también un detalle apenas señalado hasta ahora: los nervios de los casetones de la capilla doméstica y la nave son de testa plana, de sección prácticamente rectangular, al modo de algunas iglesias portuguesas; en cambio, los nervios de los casetones de los dos brazos del crucero y de la capilla mayor siguen la misma disposición general, pero su sección se dulcifica un tanto con dos filetes en las aristas, como en la capilla mayor de San Pedro de Castillo de Locubín. Es decir, Ginés Martínez de Aranda habría optado por la continuidad del diseño general de López, pues mantiene los mismos tipos de bóveda e incluso la menor altura de los brazos del crucero y el presbiterio enlaza con la nave, ya que las claves de brazos y capilla mayor están inmediatamente debajo de las impostas de la nave, pero no renunciaría a emplear una sección de nervio más delicada, a la que se debe en gran medida la sensación de cambio entre una fase y otra.

¹⁸¹ Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...*, pp. 1335-1341; *El arquitecto baezano Bartolomé Fernández Lechuga*, Jaén, Universidad, 1997, pp. 76, 80, 84-85, 88-89.

¹⁸² María Dolores VILA JATO y José Manuel GARCÍA IGLESIAS, *Galicia Arte. Galicia en la época del Renacimiento*, Santiago de Compostela, Hércules, 1993, p. 123, sitúan su muerte hacia 1605.

Por el contrario se plantean muchas dudas sobre la intervención de Aranda en el convento de San Francisco y el colegio de San Clemente. El primero, según Goy Diz, hubo de realizarse entre 1611 y 1613 y la intervención de Aranda se puede descartar dado que cuando abandonó definitivamente Santiago en 1608 el padre fray Joseph Vázquez no era guardián.¹⁸³ Como en San Martín, hay un capialzado en la entrada al refectorio que se puede relacionar con otra *traza* de Aranda, el *Capialzado desquijado con sus despiezos*, con la salvedad de que es en arco de medio punto y en viaje; la labra es menos precisa que en San Martín Pinario.¹⁸⁴

Respecto del Colegio de San Clemente, que realizó en su mayor parte Jácome Fernández,¹⁸⁵ la atribución se basaba ante todo en razones estilísticas, desde la relación de su planta con el Hospital de Santiago de Úbeda hasta la presencia de las ménsulas con incisiones de origen serliano o delormiano que señalábamos en el coro de la catedral, y que aquí aparecen en la portada, pasando por la organización de su portada que Bonet compara a la de la cripta catedralicia por la presencia de recuadros¹⁸⁶ y sobre todo los frontones partidos curvos y el friso de casetones del segundo cuerpo. Es de notar que con estos elementos vinculados directa o indirectamente a la obra de Aranda se mezclan otros desconocidos en su repertorio compositivo, como las columnas exentas, especialmente las del segundo cuerpo, con el tercio inferior del fuste decorado con relieves, o los remates de bolas. Por tanto hay que pensar que si Jácome Fernández fue colaborador y discípulo de Ginés Martínez, como supuso Bonet Correa y desde entonces se viene

¹⁸³ Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...*, pp. 1359-1364; la atribución del colegio a Aranda fue planteada por Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, pp. 126-127, y «Dos ejemplos de cortes de cantería de Ginés Martínez de Aranda en Santiago de Compostela», en *En torno al arte auriense. Homenaje a Don José González Paz*, y ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, pp.142-144; también la defendían María Dolores VILA JATO y José Manuel GARCÍA IGLESIAS, *Galicia Arte. Galicia en la época del Renacimiento*, Santiago de Compostela, Hércules, 1993, p. 135.

¹⁸⁴ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, pl. 152-154, y p. 74 y ss. del Tomo III de este trabajo. Antonio BONET CORREA, «Dos ejemplos de cortes de cantería de Ginés Martínez de Aranda en Santiago de Compostela», en *En torno al arte auriense. Homenaje a Don José González Paz*, y ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, p. 144, lo identifica con el *Arco capialzado en viaje por cara*, pero la relación con éste es laxa, dado que las dos testas se resuelven con arcos, mientras que en San Francisco hay un dintel en una testa y un arco en la otra.

¹⁸⁵ Sebastián GONZÁLEZ GARCÍA-PAZ, *El Colegio de Pasantes de San Clemente de Compostela*, Tesis doctoral, Universidad de Madrid, 1934, publicada como *O Colexio de San Clemente de Pasantes de Compostela*, Santiago, Consorcio de Santiago-Universidad, 1993, p. 71; María Dolores VILA JATO y José Manuel GARCÍA IGLESIAS, *Galicia Arte. Galicia en la época del Renacimiento*, pp. 125-127; Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...*, pp. 1352-1357.

¹⁸⁶ Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, pp. 127-128.

aceptando,¹⁸⁷ no es de extrañar que su obra acuse la influencia andaluza y sólo a esto se deben los paralelismos con la labor del baezano.¹⁸⁸

Hasta muy recientemente se creía que Martínez de Aranda había dejado definitivamente Santiago en 1606, dado que según Bonet en ese año es nombrado maestro de obras de la catedral su colaborador Jácome Fernández;¹⁸⁹ sin embargo, el reciente hallazgo por Ana Goy de un documento relativo a la tasación por Martínez de Aranda de los trabajos de carpintería que habían realizado Juan Davila y Gregorio Español en el coro de la catedral permite alargar su etapa compostelana hasta 1608.¹⁹⁰

Valorar el carácter de su estancia en Santiago requiere un análisis cuidadoso. Para Gila Medina, María de Morales y sus hijos nunca salieron de Castillo de Locubín durante la etapa gaditana y santiaguesa, como lo prueba el que el 4 de Marzo de 1606 su mujer autoriza a Pedro de Villarreal para que cobre en Granada un pago de cuarenta mil maravedises que había prestado Ginés Martínez de Aranda al canónigo santiagués Alonso López,¹⁹¹ dato que adquiere nuevo valor a la luz del hallazgo por Goy Diz de la tasación del coro, que prolonga la fase compostelana a 1608. Según el acuerdo de nombramiento para la maestría catedralicia, se fija su salario en 125 ducados más «una ayuda para la casa», lo que Goy Diz interpreta como «para que arriende una casa donde vivir con su familia».¹⁹² En la primavera de 1604 el Cabildo le concede un permiso para que «vaya a buscar su casa». Este pasaje se podría interpretar conjuntamente con el anterior en el sentido de que Aranda va al Castillo a buscar a su familia para traerla a Santiago; pero al comentarlo Goy vuelve a la tesis de Gila según la cual Aranda

¹⁸⁷ Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, p. 131; María del Socorro ORTEGA ROMERO, «Arquitectura de la primera mitad del siglo XVII», *Historia del Arte Gallego*, 1982, p. 305; María Dolores VILA JATO, y José Manuel GARCÍA IGLESIAS, *Galicia Arte. Galicia en la época del Renacimiento*, p. 131.

¹⁸⁸ Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, p. 174; *El largo siglo XVI*, p. 427, adjudicaba a Martínez de Aranda el mérito de emplear por primera vez las proporciones correctas del «tramo rítmico» bramantesco. Pero tras los trabajos de Goy Diz este mérito debe pasar a Jácome Fernández.

¹⁸⁹ Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, pp. 116, 145, y «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», en la ed. de 1986 de los *Cerramientos*, p. 21, donde afirma que Don Maximiliano murió en 1606; Pedro GALERA ANDREU, «Una familia de arquitectos jiennenses ... », p. 13, y Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 92.

¹⁹⁰ Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...*, pp. 1299, 1302, 1307.

¹⁹¹ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 279.

¹⁹² Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...*, p. 181; *Artistas, talleres e gremios en Galicia*, Santiago de Compostela, Universidad, 1998, pp. 135-136.

estuvo en Santiago solo y lejos de su familia, lo que sería una de las razones de su vuelta a Castillo de Locubín.¹⁹³

6

De nuevo en Castillo de Locubín

Desconocemos las causas del abandono por Aranda de la maestría santiaguesa y su vuelta al reino de Jaén, pero Gila apunta tres razones. En lo personal, su mujer y sus hijos seguían en Alcalá la Real, lo que nos da a entender que Aranda había visto siempre sus desplazamientos a Cádiz y Santiago como algo pasajero. En lo económico, las ventas de paños y tejidos de sus telares del Castillo de Locubín y un oficio de escribanía que se procuró en la misma villa,¹⁹⁴ reclamarían cada vez más su atención, y al mismo tiempo le permitirían vivir con cierta holgura sin que fuesen determinantes los ingresos profesionales. Pero esto no quiere decir que renunciara a su carrera, pues en Alcalá sigue abierta la cantería de La Mota con el objetivo de finalizar la iglesia levantando la cabecera y nuestro artista ejerce de nuevo la dirección; en 1616 todavía seguía titulándose «Maestro de arquitectura de la Iglesia Catedral de Galicia».¹⁹⁵

Sin embargo, las cosas han cambiado. Ya no es la abadía la que impulsa las obras del templo, sino la ciudad, hasta el punto de que Felipe III concede en 1610 ocho mil ducados para proseguir las obras, con la oposición de la abadía, que ve mermadas sus rentas y alega que la iglesia es más que suficiente para el culto.

Estando así las cosas, Aranda y Pedro de Velasco, maestro mayor de las obras de la Alhambra, emiten en 1616 un informe en el que aconsejan levantar estribos y una sacristía para compensar el empuje de la bóveda de ladrillo; el documento es de gran interés, pues lleva anexo el único plano de Aranda que conocemos. Como consecuencia, Aranda repara la cubierta y construye la sacristía, ejecutada en 1517 según Carmen Juan Lovera, en la que se levantaría una bóveda de cañón rebajada sobre arcos de medio punto dispuestos en los muros para acoger la cajonería.¹⁹⁶

¹⁹³ Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », pp. 73-74 y *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 272, 279; Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...*, pp. 1305-1306.

¹⁹⁴ Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, ... p. 92.

¹⁹⁵ Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », pp. 73-74 y *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 272, 279; Carmen JUAN LOVERA, «Iglesia abacial de Santa María de la Mota en Alcalá la Real. La Pulchra ignota», p. 156. En especial, la mención a su aparición frecuente en los protocolos del Castillo a partir de 1606 confirma su alejamiento del mundo de Santiago durante el bienio 1606-1608; sin embargo, la tasación de 1608 permite descartar una ruptura abrupta. Carmen JUAN LOVERA, «Iglesia abacial de Santa María de la Mota en Alcalá la Real. La Pulchra ignota», p. 156.

¹⁹⁶ Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, p. 116; Carmen JUAN LOVERA, «Iglesia abacial de Santa María de la Mota en Alcalá la Real. La Pulchra ignota», pp. 156-157; Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, pp. 95, 99; José Manuel GÓMEZ-

También trazó Aranda en esta fase una planta de la cabecera conjuntamente con Ambrosio de Vico, pues su yerno Luis González propone a su muerte que se prosiga la cabecera según la planta dada últimamente por ambos maestros; pero debió de ser descartada, pues en 1622 se habla exclusivamente de la traza de Ambrosio de Vico; después de otras vicisitudes, la obra la termina Luis González, yerno de Aranda, en 1627.¹⁹⁷

Otra obra de importancia en esta etapa es la emprendida en el convento de la Madre de Dios o de la Consolación del Llanillo de Alcalá, fundado por miembros de la orden tercera franciscana en 1506 y bendecido en 1538; hay que suponer que en esta época se levantaría una iglesia, que no puede ser la actual. En 1578 el convento entrega a Juan de Lizarza la segunda capilla del muro perimetral derecho que él mismo había levantado, al no poder pagarle la obra en metálico. A pesar de las dificultades, en 1586 estaba terminada la portada, tal vez por el mismo Juan de Lizarza, al que se le señala como modelo para la iglesia de Santa Ana. En 1602 Miguel de Bolívar labra una capilla particular, pero en 1611 María López se compromete a pagar a Ginés Martínez de Aranda 4.400 maravedís que debía al convento, que a su vez estaba en deuda con Aranda por los restos de cierta obra.¹⁹⁸

De ahí deduce Gila que puede corresponder a Aranda la nave de la iglesia, o al menos el alzado de los muros hasta la cornisa, pues en 1642 el convento contrata con el maestro mayor de la iglesia, el alarife Baltasar de Madrid, para que realice unas bóvedas «con la misma distribución que al parecer está», y que deben de ser las actuales de ladrillo apoyadas en arcos fajones de cantería, tal vez trazadas por Juan de Aranda y Salazar, como veremos sobrino y discípulo de Ginés Martínez de Aranda.

Así, la intervención de Aranda se limitaría a los paños de muros de los tres primeros tramos de la nave a partir de la capilla mayor, que también correspondería a Aranda y Salazar. Los muros se componen mediante pilastras dóricas cajeadas sobre pedestales al nivel de cuyos capiteles corre una imposta de la que arranca la bóveda. Entre las pilastras se abren los arcos de medio punto que dan paso a las capillas laterales, también muy sencillos, con ménsulas en la clave,

MORENO CALERA, «Relaciones artísticas entre Jaén y Granada en los inicios de la modernidad: Aproximación a una corriente histórica», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 1989, p. 70; Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 60, 79-80.

¹⁹⁷ Carmen JUAN LOVERA, «Iglesia abacial de Santa María de la Mota en Alcalá la Real. La Pulchra ignota», pp. 158-160, 162; Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 99; José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, «Relaciones artísticas entre Jaén y Granada ... », p. 70; Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 80.

¹⁹⁸ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 128-133, 280.

impostas y cajeados en las jambas. La desornamentación y el papel articulador de un orden reducido a lo esencial hacen pensar de nuevo en la obra herreriana.

Especialmente interesantes son las bóvedas, que como decimos se deben a Juan de Aranda y Salazar, sobrino y discípulo de Ginés Martínez de Aranda, sobre todo por la solución de los lunetos. Encontramos aquí no el luneto apuntado de La Mota, sino el verdadero luneto intersección de dos cilindros o *arco avanzado* de los *Cerramientos* y del *Libro de trazas de cortes de piedras* de Alonso de Vandelvira. Se trata de una solución poco frecuente en el renacimiento hispánico, que prefiere el luneto apuntado, pero que cuenta con el precedente de la sacristía y cripta de la catedral de Jaén.¹⁹⁹

Galera Andreu, sin atribuir la obra a Martínez de Aranda pues la da por casi terminada en 1581, pone en relación su sección con la de la nave de San Pedro de Castillo de Locubín, también realizada por Aranda Salazar, por encontrar en ambas el mismo contraste entre las alturas de la nave y las capillas hornacinas; pone de relieve que se trata de un tipo asociado a la orden franciscana desde el bajo medioevo pero que en el siglo XVI, reconvertido al lenguaje clásico, desemboca en una solución sencilla, barata y adaptada a las necesidades de la iglesia de la Contrarreforma; significativamente, en San Pedro del Castillo encontramos los mismos lunetos, prueba de la asimilación por Aranda Salazar de las enseñanzas de su tío.²⁰⁰

También interviene el maestro en estos años en la ermita de la Concepción de Castillo de Locubín. En 1617 se compromete a terminar de levantar sus muros perimetrales, *asentados a nivel y a cordel* y una portada en piedra de más calidad con su friso y su cornisa dórica.²⁰¹ Quizá realizara más obras en la ermita o se dilataran los pagos, pues en 1620 la hermandad reconocía a su viuda una deuda de 28 ducados por obras que quedaban por abonar.²⁰²

También en esta época, Galera atribuye a Aranda la portada del convento de Nuestra Señora del Rosario, en Alcalá la Real. Aparece de nuevo el esquema de dintel sobre pilastras, esta vez con fuertes rehundidos, aunque la decoración manierista de las ménsulas y del primer y segundo piso contrastan con su obra de

¹⁹⁹ Fernando CHUECA GOITIA, *Andrés de Vandelvira, arquitecto*, p. 184 de la ed. de 1995. V. también p. 142 y ss. del Tomo II de este trabajo.

²⁰⁰ Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, pp. 97, 98.

²⁰¹ Contrato de Ginés Martínez de Aranda con Martín Díaz de Mendoza para realizar obras en la ermita de la Concepción de Castillo de Locubín en 7 de Junio de 1617; Archivo Histórico Provincial de Jaén, leg. 5652, f. 183 v.-185 v. V. Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 281.

²⁰² V. Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 97; Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », p. 74.

esta época; por otra parte, los ingletes de molduras pueden relacionarse con la *difinition* primera de la tercera parte de los *Cerramientos*.²⁰³

Se ha venido atribuyendo a Aranda una intervención en la Colegiata de San Cecilio del Sacromonte granadino entre 1600 y 1621, en la que aparece documentado Ginés Martínez de Salazar; pero después del hallazgo del documento por el que Ginés Martínez de Salazar se hace cargo del puente del Castillo de Locubín, queda claro que Martínez de Salazar y Martínez de Aranda son personas diferentes, y la única duda estriba en saber si el Martínez de Salazar del Sacromonte es el primo de Martínez de Aranda o un miembro de la siguiente generación de la familia.²⁰⁴

Una faceta de su vida profesional sacada a la luz en los últimos años por Gila Medina es la de trazador de retablos. El 1 de octubre de 1613, el carpintero de Alcalá Juan Sánchez Montañés contrata un retablo para la capilla de las Mercedes del templo abacial según la planta, traza y condiciones que da Ginés Martínez de Aranda; el dato nos habla de la profesionalidad del tracista que da no sólo condiciones y traza - esto es, alzado - sino también la planta del retablo, y tiene el interés de presentar al maestro como diseñador puro, en una obra completamente desligada del oficio de la cantería.²⁰⁵ También es de reseñar que en 1616 interviene en la tasación de la iglesia de Porcuna, cuando los herederos de Benito del Castillo reclaman cantidades pendientes a la parroquia.²⁰⁶

Ginés Martínez de Aranda muere en 1620,²⁰⁷ entre el 9 de Marzo, fecha en que se compromete a pagar un caballo blanco que acaba de comprar, y el 6 de

²⁰³ Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 99.

²⁰⁴ Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, p. 117, ya distinguía entre Martínez de Aranda y Martínez de Salazar, al que hacía hijo suyo; pero en «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», *Cerramientos y trazas de monte*, p. 23, afirmaba que «al parecer [...] también intervino [Ginés Martínez de Aranda] en la Colegiata [...]». Sin embargo, José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, *La arquitectura religiosa granadina en la crisis del Renacimiento (1560-1650)*, Granada, Universidad-Diputación, 1989, pp. 140, 263, 265, y «Relaciones artísticas entre Jaén y Granada en los inicios de la modernidad: Aproximación a una corriente histórica», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 1989, p. 66, dejaba claro que se trata de Ginés Martínez de Salazar, según el sobrino de Ginés Martínez de Aranda, es decir, hijo del Ginés Martínez de Salazar que contrató en su día el puente de Castillo de Locubín. V. también Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ...», p. 81, nota 8, y *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 268, 270-71.

²⁰⁵ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 280.

²⁰⁶ Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura en el Renacimiento andaluz*, p. 89.

²⁰⁷ Pedro GALERA ANDREU, en «Una familia de arquitectos jiennenses: los Aranda. Estudio genealógico», p. 11, afirma que estaba vivo en 1626; pero probablemente se está refiriendo a otro Ginés Martínez, el maestro de las aguas de Baeza, hijo del autor de la fuente de la plaza de Santa María; en cambio, en *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, Jaén, Instituto de Estudios Giennenses, 1982, p. 128, aclara la situación al publicar dos escrituras en las que María de Morales aparece como viuda, la del 5 de Diciembre y otra del 6 del mismo mes. V. además Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ...», pp. 74-75.

Noviembre, fecha de la Real Provisión por la que se acuerda nombrar nuevo maestro mayor de la Abadía de La Mota. Fue enterrado en la iglesia de San Pedro del Castillo de Locubín, de acuerdo con sus disposiciones testamentarias.

El inventario de los bienes, hecho en 1623, aporta datos de gran interés. Por una parte, la valoración de sus bienes, descontadas deudas, dote y bienes parafernales de su mujer, casi alcanza el millón cuatrocientos mil maravedís. Si recordamos que en el momento de su matrimonio, su fortuna era de treinta y siete mil maravedís, y que la dote de su mujer, rica labradora para la zona, fue de algo más de cien mil, podemos comprender hasta qué punto Ginés Martínez de Aranda había obtenido importantes ingresos de su profesión y los había sabido reinvertir y explotar para asegurarse una vejez desahogada y una posición para sus hijos.

También se recoge una relación de sus útiles de trabajo; figuran un garabato o gancho para asir piedra y levantarla con grúas u otros medios de elevación; un formón; un compás grande, que hemos de entender como un compás de aparejador para realizar trazados de cantería a tamaño natural; una escuadra de hierro, tal vez para tallar piedra; otras dos escuadras, que pueden ser bien escuadras pequeñas para trazar en papel, bien escuadras como las representadas por Philibert de L'Orme para el trazado de cantería a tamaño natural; y dos cinceles. Como opina Gila, probablemente se trata de una lista parcial, dado que en los tres años que median entre la muerte de Aranda y el inventario, es posible que sus herederos se repartieran algunos útiles.²⁰⁸

Igualmente interesante es la cláusula que habla de que «quedaron dos libros [de arquitectura] escritos de su mano como escritos de ellos [...] y otros siete libros más tocantes a la arquitectura los cuales unos y otros se han de entregar y queden en poder de la dicha María de Morales».²⁰⁹ La cifra de siete libros de arquitectura puede parecer escasísima en relación a las copiosas bibliotecas de Juan de Herrera y Juan Bautista de Monegro. Pero si excluimos de la de Herrera los libros de otras muchas y variadas disciplinas, las diversas ediciones y traducciones de una misma obra, los manuscritos y legajos a los que accedió por razón de sus oficios, y reducimos a uno los Serlios que Herrera leía en ediciones separadas, nos quedamos con Vitruvio, Alberti, Sagredo, Serlio, la perspectiva práctica de Vignola, las «Nouvelles inventions» de Delorme, su propio «Sumario» de las estampas del Escorial, Labacco, Rusconi, unas «Antigüedades de Roma» en italiano, un «Francisco Mario» sobre la arquitectura en latín, un tratado de estampas de edificios, que tal vez corresponda al de Du Cerceau, «los cuatro libros de la

²⁰⁸ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 282.

²⁰⁹ Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », pp. 74-75.

arquitectura romana de Marco Bernardo Dominico en italiano» y la «Coronica General de España» de Ambrosio de Morales: catorce obras en total.²¹⁰

Por último, saber que quedaron en manos de María de Morales dos libros de arquitectura escritos de su mano es fundamental para nuestros propósitos. Según el deán Martínez de Mazas, Aranda era «autor de varias obras Manuscritas de Arquitectura, que dedicó al Señor Arzobispo Don Maximiliano de Austria»; el testamento confirma esta noticia, ya que la mención a «dos libros [...] escritos de su mano como escritos de ellos» coincide con las «varias obras» de Martínez de Mazas. Podría tratarse de dos obras diferentes, al modo de Hernán Ruiz el Joven, que además de su conocido manuscrito elaboró un «Libro de mazonería»,²¹¹ y de otros escritos menores; pero también es probable es que se trate de dos copias del manuscrito, o del manuscrito dividido en dos volúmenes, puesto que hay que considerar que la copia que conocemos, y que debe de abarcar aproximadamente la mitad de la obra completa, tiene algo más de doscientas cincuenta planas; un volumen de quinientas páginas no es práctico para su uso en obra, como sugiere la pequeña dimensión de la copia del Servicio Histórico Militar. La noticia de que el manuscrito quedó en manos de la viuda de Martínez de Aranda nos da el primer eslabón de la cadena que lleva del maestro baezano al Servicio Histórico Militar.

7

Descendientes y discípulos

Aunque no sea estrictamente descendiente ni discípulo de Ginés Martínez de Aranda hay que hablar en primer lugar de su hermano Francisco de Aranda, que

²¹⁰ Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, pp. 150-171; F[rancisco] J[avier] SANCHEZ CANTÓN, *La librería de Juan de Herrera*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1941; Luis CERVERA VERA, *Inventario de los bienes de Juan de Herrera*, Valencia, Albatros, 1977. Las listas y cómputos en este campo podrían extenderse hasta el infinito con resultados parecidos. V. sobre todo Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 83-84; «El problema del arquitecto en la España del siglo XVI», *Academia*, 1979, pp. 173-216; «Juan Bautista de Monegro, su biblioteca y la 'Divina proporcione' de Luca Paccioli», *Academia*, 1981, pp. 93-94; *El largo siglo XVI*, pp. 150, 476, 512; «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, Paris, Picard, 1991, p. 252; del mismo autor con Agustín BUSTAMANTE, «El Escorial y la cultura arquitectónica de su tiempo», en *El Escorial en la Biblioteca Nacional. IV centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Ministerio de Cultura, 1985, pp. 126-127; Juan de TORIJA, *Breve tratado de todo tipo de bóvedas así regulares como irregulares ...*, Madrid, Pablo de Val, 1661, pp. 73-75; Alfonso RODRIGUEZ GUTIERREZ DE CEBALLOS, «La librería del arquitecto Juan del Ribero Rada», en *Academia*, 1986, pp. 121-154; Rafael RAMÍREZ DE ARELLANO, «Artistas exhumados», *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 1903; Antonio de la BANDA Y VARGAS, *El arquitecto andaluz Hernán Ruiz II*, pp. 73-74; Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, pp. 130-138.

²¹¹ Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Estudio», en *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, pg 3; Antonio de la BANDA Y VARGAS, *El arquitecto andaluz Hernán Ruiz II*, p. 90, 127; Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, pp. 158-159.

llamaremos el Joven cuando haya riesgo de confundirlo con su tío Francisco. Nacido en 1561, debió de vivir con su hermano en Baeza hasta los primeros años ochenta, en que los dos marcharían a la comarca de Alcalá y el Castillo con su padre;²¹² aparece como vecino de la villa en 1584 dando un poder junto a su hermano Ginés para cobrar la herencia paterna. Cuando Ginés Martínez de Salazar se hace cargo de la obra en 1584 es Ginés Martínez de Aranda únicamente el que aparece como fiador de Martínez de Salazar y no Francisco;²¹³ pero es muy posible que Francisco trabajara en el puente sobre el río San Juan, porque un testigo en el expediente de limpieza de sangre de Juan de Aranda y Salazar en 1626 dice que lo conoce «de verlo andar con Ginés Martínez que hoy es vivo, que es primo hermano del dicho Francisco de Aranda». Este Ginés Martínez no puede ser Martínez de Aranda, que había fallecido en 1620, que era hermano de Francisco de Aranda y que nunca aparece como Ginés Martínez a secas; puede tratarse de Ginés Martínez, el segundo de los fontaneros de Baeza, o de Ginés Martínez de Salazar.²¹⁴

A partir de 1585, precisamente el año del matrimonio de Ginés Martínez de Aranda con María de Morales y de su asentamiento profesional, desaparece de los documentos alcalaínos y castilleros, según Gila. La razón de la ausencia parece estar en que tuvo una hija fuera del matrimonio con Francisca Ruiz, hermana de María de Morales; al nacer se la quitaron a la madre diciéndole que estaba muerta, y Francisco de Aranda se alejó del Castillo para acallar las críticas. Durante aquellos años debió de trabajar en obras de varias iglesias jiennenses, como la de Baños de la Encina, donde interviene hacia 1587 en la portada meridional y la de Jódar, donde a principios de 1592 cobra por haber realizado un arco toral.²¹⁵

Vuelto Francisco a Castillo de Locubín en 1592, se casa con Francisca Ruiz, madre de su hija que ambos creen muerta, y tienen otra hija; pero no acaban ahí

²¹² Pedro GALERA ANDREU, en «Una familia de arquitectos jiennenses ... », pp. 14 y 15 recoge la noticia de su marcha de Baeza a Alcalá con su padre «siendo muy mozo», y da por supuesto que ya estaba Ginés Martínez de Aranda trabajando en la iglesia de La Mota; pero hoy sabemos que Francisco estaba en el Castillo en 1584, antes de aparecer los Aranda vinculados a la abadía, por lo que parece que su marcha tuvo que producirse en los primeros años ochenta.

²¹³ Pedro GALERA ANDREU, en «Una familia de arquitectos jiennenses ... », p. 14; Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », pp. 70, 76 y 80, y del mismo autor, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 285-286, 354.

²¹⁴ Pedro GALERA ANDREU, en «Una familia de arquitectos jiennenses ... », Boletín del Instituto de Estudios Jiennenses, 1978, p. 14.

²¹⁵ V. Pedro GALERA ANDREU, en «Una familia de arquitectos jiennenses ... », p. 13, y Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », pp. 76-77. Según apuntaba Galera y confirma Gila, las obras de Baños de la Encina y Jódar no pueden ser de Francisco de Aranda el Viejo, tío de Ginés Martínez de Aranda y de Francisco el Joven, que tuvo a su hijo Ginés Martínez de Salazar en 1539 y por tanto nacería hacia 1515 y tendría en aquella época alrededor de setenta y cinco años; por tanto han de ser de Francisco de Aranda el Joven, hermano de Ginés Martínez de Aranda.

sus desgracias, pues Francisca Ruiz fallece hacia 1594 y la hija también muere pronto. En 1596 ya está casado en segundas nupcias con Juana Villén, de una familia de parecida condición que la de Francisca Ruiz y María de Morales, a juzgar por las dotes que aportan ambas, de algo más de cien mil maravedís y de algo menos de noventa mil la de Juana Villén. Entre 1592 y su muerte en 1605 es posible que colaborara con su hermano Ginés, pero no parece que lo acompañe a Cádiz ni a Santiago. Por el contrario, en aquellos años aparece en los documentos como cantero de profesión, pero vinculado a negocios agrícolas y ganaderos o comprando y vendiendo fincas rústicas y urbanas. Sea producto de su trabajo como cantero, sea por la buena gestión de su patrimonio, lo cierto es que al morir el inventario de sus bienes arroja la cifra de más de doscientos cincuenta mil maravedís, que sin llegar al millón trescientos mil de su hermano, fruto de una carrera más brillante y prolongada, tampoco es una cifra despreciable.²¹⁶

Aparentemente los hijos de Aranda, Ginés y Juan, no ejercieron el oficio del padre; el primero quizá sea el Ginés Martínez «el Mozo» que recibe pagos en nombre de su padre en las obras de la iglesia de La Mota, pero después de la muerte de Ginés Martínez de Aranda aparece en los documentos vinculado a la agricultura y la ganadería pero no a la cantería ni la arquitectura.²¹⁷

En cambio sí practicó el oficio su yerno Luis González, casado con su hija María algo después de febrero de 1612, que interviene en 1619 en el trascoro de la Catedral de Sevilla, con trazas de Miguel de Zumárraga, y entre 1620 y 1627 en la terminación de la cabecera de la iglesia de La Mota, así como en trabajos para el duque de Sesa.²¹⁸

Por estas razones, parece que su discípulo preferido fue su sobrino Juan de Aranda Salazar, hijo de Francisco de Aranda. Abonan esta idea las afirmaciones repetidas de Ponz, Martínez Mazas y Ceán.²¹⁹ No pudo nacer antes de 1598, porque la primera hija del matrimonio de Francisco de Aranda y Juana Villén fue su hermana Catalina; su padre había muerto en 1605, por lo que no tiene nada de

²¹⁶ Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », pp. 77-78.

²¹⁷ Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », pp. 75-76; 284.

²¹⁸ Teodoro FALCÓN MÁRQUEZ, *La Catedral de Sevilla. Estudio arquitectónico*, Sevilla, 1980, p. 153, y «El nombramiento de Ginés Martínez de Aranda como maestro mayor de las diócesis de Cádiz y Santiago de Compostela», *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, p. 462; Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 95, atribuye a Aranda participación en la formación de González; pero este papel no debió de ser determinante, porque el padre de González también estaba vinculado a la arquitectura; aporta en p. 127 la escritura por la que Ginés Martínez de Aranda afianza a Luis González en la obra del coro de Sevilla. V. también Lázaro GILA MEDINA, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida ... », pp. 76, 80, 82, 84, 86, y *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 284, 301-302.

²¹⁹ José MARTÍNEZ MAZAS, *Retrato al natural de la ciudad de Jaén*, Jaén, 1794, p. 233; Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura de los siglos XVII y XVIII en Jaén*, p. 108.

extrañar que lo recogiera su tío Ginés Martínez de Aranda, que era su pariente más próximo.²²⁰

En 1628 participa en el retablo mayor de la catedral de Córdoba, diseño del jesuita hermano Matías, para ejecutar después la nave de la iglesia de San Pedro de Castillo de Locubín, que había trazado su tío Ginés Martínez de Salazar.²²¹ En 1631 entra a trabajar en la catedral de Granada, llegando en muy breve plazo a maestro mayor; pero en 1635 pasa a dirigir las obras de la catedral de Jaén, realizando hasta su muerte en 1654 la capilla mayor, presbiterio, nave norte hasta el crucero y portada septentrional y la cúpula, de forma que en gran medida se le debe la disposición actual del templo.²²² Entre otras muchas intervenciones en la diócesis, Gila Medina le atribuye la traza en 1642 de las bóvedas de la iglesia de la Madre de Dios o de la Consolación de Alcalá la Real.²²³

Tienen gran interés los contratos suscritos por Aranda Salazar con dos discípulos. Queda obligado a enseñar a Pedro del Portillo

el dicho arte de arquitectura en esta manera catorce trazas de monte a las siete dellas a mi voluntad y las otras siete a voluntad y escogencia del dicho Pedro Portillo y así mesmo he de enseñar a el suso dicho contar hasta sacar la raíz cúbica y demás de ello el diseño y geometría lo que el susodicho pudiere deprender de estas dichas trazas y antes conforme sube al saber y deprender durante el dicho tiempo de cuatro años²²⁴

El contrato tiene un curioso parecido con el que suscribe Martínez de Aranda con su aprendiz Pedro Pablo de Ordóñez; aparte del léxico arandino, - en Vandelvira no hay *trazas de monte* sino «trazas de cortes» - se rompe la tradición medieval según la cual el aprendiz se incorpora a la familia del maestro y recibe cama y comida; Pedro Pablo de Ordóñez cobra por su trabajo y Pedro del Portillo paga por la enseñanza, pero en cualquiera de los dos casos estamos ante una relación mercantil. Todavía es más importante comprobar que la formación tiene una base geométrica a partir de la cual arranca el aprendizaje del diseño, concebido como una disciplina relacionada con la cantería, pero dotada claramente de una personalidad propia, del mismo modo que en Aranda la *traza* y *arquitectura* se separan nítidamente de la cantería.

²²⁰ V. Pedro GALERA ANDREU, en «Una familia de arquitectos jiennenses ... », pp. 17-19, y *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 95.

²²¹ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 295.

²²² Rafael ORTEGA SAGRISTA, «Alonso Barba, maestro mayor de las obras de la Catedral de Jaén», *Paisaje*, 1951, p. 124; Fernando CHUECA GOITIA, *Andrés de Vandelvira, arquitecto*, Jaén, Diputación de Jaén, 1971, p. 161 de la ed. de 1995; Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura de los siglos XVII y XVIII en Jaén*, pp. 110-121; José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, «Relaciones artísticas entre Jaén y Granada ... », p. 66.

²²³ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 132.

²²⁴ Contrato de Juan de Aranda Salazar con Pedro del Portillo; Archivo Histórico Provincial de Jaén, leg. 1523, f. 33-34 v. V. Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura de los siglos XVII y XVIII en Jaén*, p. 146.

El contrato de aprendizaje con Eufrasio López de Rojas es similar; más nos interesa saber que éste en el momento de su boda en 1650 tiene entre sus propiedades «ciertos compases, libros de arquitectura y aritmética y cerramientos [...] las herramientas de picar piedra, que es una picola y un trinchante y un mazo, tres hierros, un compas grande» y más adelante compra a Aranda y Salazar poco antes de su muerte «ciertos libros, compases y un cuadrante del arte de arquitectura» para comprar el año siguiente a los herederos más libros y compases.²²⁵

También se relaciona con Juan de Aranda y Salazar el arquitecto baezano Bartolomé Fernández Lechuga, autor de la cúpula de la iglesia y del claustro de las procesiones del monasterio de San Martín Pinario y de la escalera de dos tramos del patio del palacio de Carlos V en Granada. Durante mucho tiempo se intuía que si veinte años después de la partida de Martínez de Aranda los monjes de San Martín Pinario habían llamado a un arquitecto del reino de Jaén, debía de ser por el buen recuerdo que conservaban de Aranda. Goy Diz propone una explicación más concreta: en el informe acerca de la limpieza de sangre de Aranda Salazar testifica en su favor Sebastián Lechuga, padrino de Bartolomé Fernández, que asegura haber conocido durante años a Ginés Martínez de Aranda y Juan de Aranda Salazar, lo que relaciona a Fernández Lechuga con los Aranda y permite suponer a Goy que los benedictinos de San Martín sabrían de Fernández Lechuga a través de los Aranda.²²⁶ Otro dato sitúa las relaciones entre Aranda Salazar y Fernández Lechuga en un plano más complejo: como se verá más adelante, el *Cuaderno de Arquitectura* de Juan de Portor y Castro²²⁷ señala que Juan de Aranda Salazar concurrió a una oposición a la maestría mayor de la catedral de Granada frente a Bartolomé de Lechuga, valiéndose de *trazas de montea* muy ingeniosas, entre ellas un «Caracol volado» que se relaciona con el *Caracol exento* de los *Cerramientos*. La oposición debió de tener lugar hacia 1631, en la época en que Aranda Salazar intentaba situarse en la fábrica granadina, y antes de obtener la maestría de la catedral de Jaén, por lo que el Bartolomé de Lechuga al que se refiere Portor debe de ser Bartolomé Fernández Lechuga, que en aquellos años dirigía las obras de San Martín Pinario.

²²⁵ Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura de los siglos XVII y XVIII en Jaén*, pp. 151-152. V. también Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 454.

²²⁶ María Dolores VILA JATO, y José Manuel GARCÍA IGLESIAS, *Galicia Arte. Galicia en la época del Renacimiento*, Santiago de Compostela, Hércules, 1993, p. 131; Ana GOY DIZ, *El arquitecto baezano Bartolomé Fernández Lechuga*, Jaén, Universidad, 1997, pp. 78-79.

²²⁷ Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 22. (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms 9114, f. 31, según la numeración más alta); v. Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Crucería*, Valladolid, Universidad, 1998, p. 38.

El último eslabón de la cadena de los Arandas fue probablemente Antonio Ramos, primero aparejador y después arquitecto de la catedral de Málaga,²²⁸ autor de un manuscrito «Sobre la gravitación de los arcos contra sus estribos», en el que ignora la conocida fórmula de cálculo de estribos de Derand y Blondel, idéntica a la de Aranda, y asume los métodos más actuales de Bélidor y Gautier.²²⁹ En cierto modo con él se cierra un ciclo; si para Aranda la ciencia básica para asegurar la estabilidad de los arcos era la geometría, para Ramos lo será la mecánica.

²²⁸ Carlos SARTHOU CARRERES, y Pedro NAVASCUÉS PALACIO, *Catedrales de España*, Madrid, Espasa-Calpe, 1998, p. 184.

²²⁹ V. Rosario CAMACHO MARTÍNEZ, *El manuscrito sobre la gravitación de los arcos contra sus estribos del arquitecto Antonio Ramos*, Málaga-Madrid, Colegio de Arquitectos-Academia de San Fernando, 1992, pp. 81, 109.

Capítulo 3

EL MANUSCRITO

1

Los textos de cantería del Renacimiento

El primer texto de cantería netamente renacentista que conocemos es el *Libro de Arquitectura* de Hernán Ruiz el Joven. Redactado entre 1545 y 1562, es un cuaderno de uso personal¹ que incluye una traducción parcial de Vitruvio, diversos dibujos de órdenes y perspectiva y 18 dibujos que razonablemente pueden considerarse *trazas* de cantería.² Tiene para nosotros el interés de comprobar cómo la práctica totalidad de los *cortes*, incluso los más sencillos, se resuelven *por robos*, es decir, por proyecciones, y no mediante el método *por plantas* basado en abatimientos que más adelante se considerará preferible.³

Un tema al que presta especial atención Hernán Ruiz es el de los óvalos y las elipses; además de los cuatro conocidísimos óvalos serlianos, reproduce varias veces otro procedimiento para obtener una aproximación a la elipse, que después será recogido también por Vandelvira y Aranda.⁴ Pero quizá el tema puramente geométrico más interesante del manuscrito es el llamado «transferente», un

¹ Sobre los cuadernos personales en la Edad Media hispánica, v. Joaquín YARZA, *Baja Edad Media. Los siglos del Gótico*, Madrid, Sílex, 1992, p. 78.

² Manuel GOMEZ-MORENO, *El libro español de Arquitectura*, Madrid, Magisterio Español, 1949, pp. 11-12; Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «El manuscrito de arquitectura de Hernán Ruiz el joven», *Archivo Español de Arte*, 1971, pp. 296, 305-306; «Estudio», en *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, Madrid, Escuela de Arquitectura, 1974, p. 4. A nuestro juicio, pueden considerarse problemas de tomotecnia los de los ff. 46 v., 47, 47 v., , 68, 147, 147 v., 148, 148 v., 149, 149 v., 150, 150 v., 151, 152 y 152 v., los dos dibujos del f. 67 v., y con algunas dudas, el f. 70. En los f. 24 v., 25 v. y 31 v., 29 v. y 30, se citan *saltrarreglas* y «baybeles», pero no se pueden calificar en sentido estricto de *trazas* de cantería porque no se refieren con claridad al problema del despiece; lo mismo se puede decir de los dibujos de los f. 42 v. 43, 43 v., 45 v. y 46, que contemplan el problema de la decoración, muy ligado a la tomotecnia, pero que en realidad es un problema de desarrollo de una superficie y no de macizado del espacio; también aparecen otras cuestiones tradicionalmente ligadas a la cantería y los *Cerramientos* como las reglas de cálculo de estribos del f. 79 v. o los métodos de trazado de elipses y transformaciones geométricas que veremos a continuación.

³ Como señalamos en la p. 201, en las leyendas de los dibujos del manuscrito aparecen varias menciones a baiveles y *saltrarreglas*, pero en ninguna de estas ocasiones se emplean para resolver el problema estereotómico. En cambio, en una única ocasión, el capialzado del f. 47, parece que la *traza* se resuelve en parte con ayuda de baiveles o *saltrarreglas*.

⁴ Cf. Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'architettura*, Venecia, 1600, libro I, f. 11 v., 12 r., 13v., 14 r.; Hernán RUIZ EL JOVEN, *Libro de Arquitectura*, f. 24 v., 37, 37 v.; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 18 v.; Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, pl. 2.

procedimiento para cambiar de escala también de origen serliano, que reaparecerá en Martínez de Aranda como veremos.⁵ No es probable que Aranda conociera el manuscrito, al ser un cuaderno de uso personal; pero si contamos con influencias estilísticas de Ruiz en Aranda, como hemos expuesto más arriba, también puede pensarse razonablemente que le hubiera llegado buena parte de los conocimientos canteriles del maestro, sobre todo a través de Priego, villa que dependía de la Abadía de la Mota y a la que estuvieron ligados Hernán Ruiz y sobre todo, Francisco del Castillo.

Coetáneo del manuscrito de Ruiz debió de ser el de Rodrigo Gil de Hontañón recogido en el «Compendio de Arquitectura y Simetría de los Templos» de Simón García, datado en 1681. John D. Hoag sitúa la fecha del cuaderno de Rodrigo entre 1560 y la muerte del maestro en 1577, quizá próxima a 1570.⁶ Como es sabido, Simón García dice en el prólogo de su obra que «mucha parte de este Compendio» es de Rodrigo Gil de Hontañón, sin concretar más.⁷

Según Camón Aznar, que sigue en lo sustancial a Menéndez Pelayo y Mariátegui, el material tomado de Gil de Hontañón se puede identificar con los capítulos I a VI.⁸ Por el contrario, Gómez Moreno le atribuye los capítulos I a IV, y quizás los XVIII y LXXV;⁹ Sanabria rechaza la atribución del XVIII, acepta las del V, VI y LXXV y añade un dibujo al final del XVI.¹⁰ Bonet Correa plantea las

⁵ Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «El manuscrito de arquitectura de Hernán Ruiz el joven», *Archivo Español de Arte*, 1971, pp. 308.

⁶ John D. HOAG, *Rodrigo Gil de Hontañón*, pp. 14-15; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 149-150 dice: «In chapter 6, 22 r, a reference is made to what appears to be a personal discussion with Pedro Sanchez Ciruelo, Darocensis [...] who died in 1554. Thus much of Chapter 6 must date before this time», pero lo que dice el manuscrito en la cuidada transcripción de Cristina Rodicio es únicamente «Diçen algunos que monteán debajo de un rampante, Y no lo tengo Por açertada monteá, demas que debajo de un Rampante, no puede ser monteado un tenplo como lo prueba daroçensis, y es claro, porque aunque sea vn zintrel que tenga 300 pies de largo, si le ponen que sea lo supremo la caueçera que llegue a los pies no tendra altura desde el suelo». A nuestro juicio, de esto no se deduce necesariamente que Rodrigo Gil haya tenido una conversación personal con Sanchez Ciruelo, y menos que la conversación haya sido inmediatamente anterior a la redacción del manuscrito, máxime cuando el propio Sanabria dice que probablemente «Simon rewrote much of Rodrigo's text [...] Simon appears to be [...] prone to insert learned references in unlikely settings».

⁷ Simón GARCÍA, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos, conforme a la medida del cuerpo humano*, 1681 (Manuscrito 1681, incluyendo otro de Rodrigo Gil de Hontañón. Ed. facsímil y transcr., Valladolid, Colegio de Arquitectos, 1991), Proemio; v. también f. 52.

⁸ José María CAMÓN AZNAR, «La intervención de Rodrigo Gil en el manuscrito de Simón García», *Archivo Español de Arte*, 1941, p. 301 dice «en los siete primeros capítulos la utilización de los escritos de Rodrigo Gil de Hontañón es evidente», mientras que en la 305 afirma «A partir del capítulo VII, este manuscrito es ya obra de Simón García». Pero en lo que nos interesa a nosotros no hay ambigüedad: para Camón el capítulo VI corresponde a Rodrigo Gil.

⁹ Manuel GÓMEZ-MORENO, *El libro español de Arquitectura*, pp. 11-12.

¹⁰ Sergio Luis SANABRIA, «The mechanization of design in the XVIth century: The structural formulae of Rodrigo Gil de Hontañón», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1982, p. 282.

Figura 32. Hernán Ruiz el Joven, Libro de Arquitectura, f 40 v., 37 r.

Figura 33. Philibert de l'Orme, Le premier Tome de l'Architecture, f. 126 v.

cosas de forma diferente, pues considera que la aportación de Rodrigo Gil no aparece en forma de bloques completos sino de extrapolaciones aisladas, pero acepta que los cuatro primeros capítulos responden en lo sustancial al pensamiento de Rodrigo Gil.¹¹

No nos corresponde a nosotros entrar a discutir aquí la autoría general del manuscrito, pero sí interesa repasar las opiniones concretas sobre la paternidad del capítulo VI, en el que se trata de una serie de fórmulas de dimensionado de arcos que se pueden confrontar con las que expone Aranda en la *difinition* quinta de la primera parte de los *Cerramientos*.

Para la línea tradicional que arranca de Menéndez Pelayo y Mariátegui, todo lo que se refiere a dimensionado de estribos sería de Rodrigo Gil; esta opinión la hacen suya Kubler y Sanabria en sus trabajos específicos dedicados a este problema; también Chanfón, al tratar de estos «trazos», los considera «incluidos en la parte atribuida a Rodrigo Gil de Hontañón».¹² En cambio, siguiendo a Gómez Moreno, estas fórmulas estructurales corresponderían a Simón García.

Además de este tipo de razones generales para determinar la autoría de las cuatro fórmulas de dimensionado de estribos, se pueden emplear argumentos particulares. Sería muy extraño que Simón García, escribiendo en 1681, desconociera no ya la solución de los *Cerramientos*, que debieron de circular en medios andaluces relativamente restringidos, sino las fórmulas equivalentes publicadas por Derand en 1643, la polémica entre Pedro de la Peña, Pedro Sánchez y Juan Gómez de Mora de 1630 y la primera parte del *Arte y Uso de Arquitectura* de 1633.¹³ Por tanto, hay que aceptar como muy probable, aunque no segura, la autoría de Rodrigo Gil.

En 1567 sale de las prensas el *Premier Tome de l'Architecture* de Philibert de L'Orme que trata de cantería en sus libros tercero y cuarto; por primera vez recoge la letra impresa este saber. El avance sobre el manuscrito de Hernán Ruiz es enorme, no sólo por el número de trazas sino por la técnica empleada, en la que

¹¹ Antonio BONET CORREA, «Simón García, tratadista de arquitectura», en Simón GARCÍA, *Compendio de Arquitectura y Simetría de los Templos* (Reproducido en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, pp. 180-181). V. también Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Crucería*, Valladolid, Universidad, 1998, p. 21.

¹² Carlos CHANFÓN OLMOS, «Simón García y la proporción geométrica», en Simón GARCÍA, *Compendio de Arquitectura y Simetría de los Templos*, Churubusco, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, 1979 (Reproducido en la ed. de 1991, Valladolid, Colegio de Arquitectos, p. 39).

¹³ P. François DERAND, *L'Architecture des voutes ou l'art des traits et coupe des voutes*, París, Sébastien Cramoisy, 1643, f. 6; Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, s. l. [Madrid], Imprenta de Juan Sanchez, 1639, f. 31; Fernando MARIAS, «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, París, Picard, 1991, pp. 75-76.

predomina el sistema de labra «par panneaux» o *por plantas* basado en abatimientos frente al *équarrissement* o los *robos* basados en proyecciones,¹⁴ y por la forma de exponerla por escrito con una notación semejante a la empleada en los tratados de geometría.

La influencia de esta obra en el ámbito hispánico ha sido discutida, alegando que no se conoce de él una cita expresa en nuestro país hasta los tiempos de Torija.¹⁵ Esto puede ser cierto, pero no es menos cierto que tanto en el inventario hecho a la muerte de Juan de Herrera como en el de los bienes de Juan Bautista Monegro aparecen las *Nouvelles inventions pour bien bastir et a petits fraiz*, su tratado de carpintería; que la librería de Juan del Ribero Rada contaba con un «Filiberto en tabla» que puede ser esta última obra o el *Premier Tome*; y que entre los libros de Francisco de Mora encontramos la *Architecture* delormiana con todas sus letras.¹⁶ A lo largo de este trabajo examinaremos en varias ocasiones cómo se concreta esta influencia; adelantaremos por ahora que son numerosas las *trazas* del lionés que encuentran su traducción exacta en Vandelvira, Rojas y Aranda, pero que también son muchas las soluciones que aportan los tres maestros hispánicos con la intención de afinar o ampliar los métodos delormianos. El influjo del *Premier tome* en Aranda no se limita a cuestiones de técnicas de corte; como pusimos de manifiesto en el capítulo anterior, se puede rastrear una influencia estilística significativa en la obra construida del maestro baezano.

¹⁴ V. p. 219 y ss.

¹⁵ Juan de TORIJA, *Breve tratado de todo tipo de bóvedas así regulares como irregulares ...*, Madrid, Pablo de Val, 1661, f. 73 v.; Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y Tratadista de cerramientos y Arte de Montea», en la ed. de 1986 de los *Cerramientos*, p. 19. V también Geneviève BARBE-COQUELIN DE LISLE, «Noticia del 'Breue tratado de todo tipo de bóvedas'», en Juan de Torija, *Breve tratado de todo tipo de bóvedas así regulares como irregulares ...*, Madrid, Albatros, 1981, p. 17, y, para una opinión aparentemente contraria, Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, «Présentation des traités», en Philibert de L'Orme, *Traité d'architecture*, París, Leonce Laget, 1988, p. 14. También es de destacar que el propio BONET CORREA reconoce la influencia de De L'Orme en Arfe en «Juan de Arfe y Villafañe, 'escultor de oro y plata' y tratadista», en *De Varia Commensuración para la Escultura y Arquitectura*, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1974 (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, p. 66).

¹⁶ Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, Madrid, Espasa Calpe, 1936, p. 159; F[rancisco] J[avier] SANCHEZ CANTÓN, *La librería de Juan de Herrera*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1941, p. 29; Luis CERVERA VERA, *Inventario de los bienes de Juan de Herrera*, Valencia, Albatros, 1977, p. 170; Fernando MARÍAS, «Juan Bautista de Monegro, su biblioteca y la 'Divina proporcione' de Luca Paccioli», *Academia*, 1981, pp. 94, 102; Alfonso RODRIGUEZ GUTIERREZ DE CEBALLOS, «La librería del arquitecto Juan del Ribero Rada», *Academia*, 1986, p. 136. V. también Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 52-53, 392-393; *El largo siglo XVI*, Madrid, Taurus, 1989, p. 408.

El *Libro de trazas de cortes de Piedras* de Alonso de Vandelvira fue escrito en lo sustancial entre 1578 y 1589;¹⁷ lo conocemos por dos copias seiscentistas, como la de Felipe Lázaro Goiti que se custodia en la Biblioteca Nacional de Madrid, muy cuidada en su caligrafía y dibujos, la de Bartolomé de Sombigo o Zumbigo conservada en la Escuela de Arquitectura madrileña, con algunos «cortes» añadidos que no ofrece Goiti; salvo estos añadidos y unas pocas diferencias de ortografía, el texto de ambos manuscritos coincide enteramente.¹⁸ No se trata de un mero cuaderno personal como el de Hernán Ruiz; hay varios indicios que apuntan a intentos de publicación,¹⁹ y esto se refleja en una disposición más estructurada que la del *Premier tome*, con la misma notación geométrica y un título para cada *traza*, ordenados según un criterio didáctico de menor a mayor dificultad. El texto del manuscrito de la Escuela de Arquitectura, la más completa de las copias que conocemos, se divide en ciento cuarenta y un títulos a lo largo de los cuales se pasa revista a prácticamente todos los géneros de la estereotomía renacentista: pechinas, una trompa, arcos, decendas de cava, troneras, capialzados, caracoles, escaleras, bóvedas incluyendo capillas, triángulos y rombos, ochavos y patios.²⁰

Aunque se trata del texto español de cantería más estudiado, aún quedan sin resolver problemas de importancia en cuanto a su autoría, datación y originalidad.

¹⁷ Geneviève BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, «El Tratado de Arquitectura de Vandelvira y la estereotomía en España», en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, Universidad, 1976, p. 226; «Introducción», en Alonso de Vandelvira, *Tratado de arquitectura*, Albacete, Caja de Ahorros, 1977, pp. 18-19; da prudentemente las fechas 1575-1591. Esta horquilla se puede reducir ligeramente con dos datos que señala la propia autora: Vandelvira cita la escalera de la Chancillería de Granada, terminada en 1578, y «las casas de mi morada» en Sabiote, cuando dejó Sabiote para marchar a Sevilla a finales de 1588 o principios de 1589. V. Rafael LÓPEZ GUZMÁN, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, Granada, Diputación, 1987, p. 594. V. también Antonio de la BANDA Y VARGAS, *El arquitecto andaluz Hernán Ruiz II*, p. 251.

¹⁸ Manuel GÓMEZ-MORENO, *El libro español de Arquitectura*, pp. 13-14; Geneviève BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, «Introducción», en Alonso de Vandelvira, *Tratado de arquitectura*, pp. 21-28. V. también Elisa BERMEJO, «Bartolomé de Zumbigo, arquitecto del siglo XVII», *Archivo Español de Arte*, 1954, pp. 291-302. Hasta ahora se relacionaban con el *Libro de trazas de cortes de piedras* tres manuscritos de la Biblioteca Nacional de Madrid: el 12.744, que lleva el nombre de Juan de Aguirre, aunque por lo general se entiende que esto se refiere a la propiedad y no a la autoría; el 12.686, que Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Crucería*, p. 31-32, atribuye a Pedro de Albiz, cantero vizcaíno activo en el entorno de Cuenca en la primera mitad del siglo XVI y relacionado con Francisco de Luna, maestro de Andrés de Vandelvira, por lo que el cuaderno podría ser un precedente del *Libro de trazas de corte de piedras*; y el 9114, que lleva el nombre de Juan de Portor y Castro y que hay que relacionar con Aranda más que con Vandelvira, como analizamos en la p. 112 y ss.

¹⁹ Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Segunda parte del Arte y uso de Arquitectura*, s. e., s. l., 1665, en la p. 155 habla de libros de cantería sin imprimir, y en la p. 217 cita a Vandelvira. Por otra parte, la cuidada presentación del manuscrito de Goiti y las poesías laudatorias que lo acompañan también sugieren la imprenta. V. Geneviève BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, «Introducción», en Alonso de Vandelvira, *Tratado de arquitectura*, pp. 21-22.

²⁰ Geneviève BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, «Introducción», en Alonso de Vandelvira, *Tratado de arquitectura*, pp. 21-23.

El título del manuscrito de Goiti afirma que el texto fue «sacado a luz y aumentado por Philipe Lazaro de Goiti», mientras que en el prólogo el propio Goiti afirma haber recogido los papeles de Andrés y Alonso de Vandelvira para escribir la obra.²¹ Por otra parte, el manuscrito de Sombigo se titula «Exposición y declaración sobre el tratado de cortes de fabrica que escribió Alonso de Vandelvira por el excelente e insigne architecto [...] Bartolome de Sombigo y Salcedo», mientras que el prefacio escrito quizás por Félix Juárez en el primer tercio del siglo XVIII también atribuye la redacción de la obra a Sombigo.

De aceptar literalmente todas estas noticias, el manuscrito de la Escuela de Arquitectura sería producto de una acumulación de trazas de Andrés de Vandelvira, Alonso de Vandelvira, Felipe Lázaro de Goiti y Bartolomé de Sombigo. Sin embargo, la práctica totalidad de los autores que han tratado el tema parecen excluir las aportaciones originales de Goiti y Sombigo y en cambio dan por hecho que gran parte de lo que se contiene en ambos manuscritos procede de Andrés de Vandelvira. Desde luego, se trata de una obra de notable homogeneidad tanto en los métodos de trazado como en la redacción o los dibujos, por lo que la exclusión de Goiti y Sombigo parece plenamente justificada, excepto quizás en las trazas que sólo aparecen en Sombigo. Ahora bien, también se plantean dudas importantes acerca de la mención a Andrés de Vandelvira.

En primer lugar, los únicos indicios que vinculan con la obra a Vandelvira padre son las alusiones del propio texto a sus obras construidas y el prólogo de Goiti. En cuanto al texto, se refiere al tracista de la catedral de Jaén siempre en tercera persona y la mayoría de las veces como autor de obras construidas; en ningún momento se menciona que los procedimientos de traza expuestos en el *Libro* sean originales de Andrés de Vandelvira, ni siquiera que los empleara en las fábricas descritas. Cristina Gutiérrez-Cortines demostró en su día cómo las obras murcianas que encuentran correlato en el *Libro de trazas de cortes de piedras*, esto es, los modelos de la «Boveda de Murcia», la «Capilla en vuelta capazo» y la «Capilla primera yndiferente» no son atribuibles a Vandelvira por fechas, sino a Jerónimo Quijano;²² por otra parte, una rápida ojeada a la obra de Palacios permite

²¹ Felipe Lázaro de GOITI, Prólogo a Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 12719: «lo principal de este libro (porque es justo se lleve la gloria el primer autor) es imitacion de lo que dexaron scrito de mano los dos Vandelvirs padre e hijo [...] cuios papeles e recogido para haçer este libro. Pero e gastado mucho tiempo en disponerlos, corregir defectos en los lineamentos, por no ser fieles las copias y en prouar los mas de los cortes haçiendo sus pieças de yeso; porque este arte no se alcança con sola la letua, sino que es necesario modelar y contrahaçer una y muçhas veçes»

²² Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, Murcia, Consejería de Cultura, 1987, pg. 137; 155-157; 161-167.

comprobar cómo de los más de ciento cuarenta *cortes* del libro menos de una veintena se relacionan directamente con la obra de Vandelvira padre.²³

En cuanto a la frase de Goiti, hay que tener en cuenta que aunque en el prólogo dice que «lo principal de este libro [...] es imitacion de lo que dejaron escrito de mano los dos Vandelviras padre e hijo», en el título de la obra cita únicamente a Alonso; que el manuscrito de Sombigo, que procede de la misma tradición textual, cita únicamente a Alonso; y en último término, si no se da crédito a Goiti cuando dice haber corregido y aumentado la obra, no parece muy consecuente aceptar sin discusión su mención a «los dos Vandelviras».

La cuestión se complica aún más con la hipótesis planteada por Javier Gómez Martínez según la cual el manuscrito de la Biblioteca Nacional de Madrid 12.686, hasta ahora tenido por derivado de Vandelvira, correspondería a Pedro de Albiz, cantero activo en el entorno de Cuenca en la primera mitad del siglo XVI y relacionado con Francisco de Luna, maestro de Andrés de Vandelvira.²⁴ La atribución se basa en la identificación de dos dibujos del manuscrito como bóvedas nervadas de la iglesia de Garcinarro, pero hoy por hoy, no se puede descartar que un maestro de época posterior dibujara las bóvedas. De confirmarse la hipótesis, implicaría que algunas técnicas de traza esenciales en Vandelvira, como la obtención de plantillas de intradós por medio de triangulaciones, datarían de la primera mitad del siglo, pero serían desconocidas casi por completo para Hernán Ruiz y De L'Orme.

Entrar a discutir estas cuestiones en profundidad saldría fuera del ámbito de este trabajo; hablaremos en lo que sigue del manuscrito de Alonso de Vandelvira,

²³ Concretamente, la «Pechina avenerada», la «Puerta en esquina y rincon», el «Arco en torre cavada», la «Tronera redonda en viaje», la «Capilla oval cuarta» con muchas dudas, la «Capilla cuadrada en vuelta redonda», la «Capilla perlongada por hiladas redondas» también discutible, la «Capilla quadrada por hiladas cuadradas», la «Capilla perlongada por hiladas quadradas», la «Capilla cuadrada por hiladas cuadradas diferentes», la bóveda nervada dibujada en el título «De las xarxas», la «Capilla cruzada», el «Ochavo de la Guardia» y la «Capilla cuadrada artesonada».

²⁴ Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Crucería*, Valladolid, Universidad, 1998, p. 31-32: «Lo componen 31 folios con monteas de pechinas, arcos, troneras y capillas [...] además aparecen las plantas de una capilla cuadrada por crucería [...] y de una capilla perlongada por crucería [...] A esto, que puede ser considerado el bloque primero y original, se suman aportaciones mucho más tardías, como el alzado de un orden toscano a la aguada [...] o el fuste de una columna salomónica [...] claramente añadidos por ulteriores usufructuarios del manuscrito [...] Los dibujos que localizan histórica y geográficamente la pare inicial y fundamental del libro son los de las bóvedas de crucería [...] con total exactitud aparecen en la parroquial de Garcinarro (Cuenca) que estaba siendo obrada por Pedro de Albiz, con traza propia, en 1545, fecha de su fallecimiento [...] Esta identificación de los dos maestros permite atribuir la autoría del manuscrito a Pedro de Albiz [...] Cabe la posibilidad, remota, de que los añadieran Juanes de Andute u otro maestro después de 1545; en cualquier caso, seguiría tratándose de un libro de montea debido a alguno de los canteros vizcaínos que trabajan en torno a Cuenca en la primera mitad del siglo XVI».

pero debe tenerse siempre en cuenta que los problemas de la intervención de su padre y de la influencia de Pedro de Albiz y Francisco de Luna no pueden considerarse cerrados, y por tanto es muy arriesgado considerar como fecha de aparición de una técnica determinada la de redacción del *Libro de trazas de corte de piedras*, pues siempre podría derivar de Luna, Albiz o Vandelvira padre; pero tampoco se puede descartar ni mucho menos que las construcciones novedosas del *Libro* sean fruto de la inventiva de Alonso de Vandelvira.

El tratado *Teórica y práctica de fortificación* fue publicado por Cristóbal de Rojas en 1598, aunque la dedicatoria está fechada dos años antes y Rojas pidió licencia para la impresión en 1597.²⁵ En su capítulo VIII de la tercera parte, dedicado a las «puertas, y arcos, para la fortificación, y otras puertas públicas» incluye diez trazados de cantería sin dar explicaciones en el texto, ya que «me remito al buen juicio del curioso artífice, y a la demostración que muestra en sí cada figura de éstas, porque [...] consiste el saber hacer las bóvedas en el mucho uso y experiencia que se tendrá de ellas, y así no diré su declaración, por ser materia que la tiene dentro en sí muy escondida».²⁶

Algunas *trazas* de Rojas como el *Caracol de Emperadores* o el *Arco embocinado en viaje con su pie derecho* parecen derivar del *Libro de trazas de cortes de piedras*; esto no tiene nada de extraño ya que Alonso de Vandelvira, o su hijo, se ocupa de las fortificaciones de Cádiz gracias al apoyo de Rojas.²⁷ En cambio otras parecen derivar de una línea diferente como demuestran el *Arco embocinado* y sobre todo una de las soluciones al *Arco viaje contra viaje*, más práctica que la que ofrece Vandelvira,²⁸ como se verá más adelante. Es revelador que figuren en la *Teórica* varias *trazas* que no aparecen en Alonso de Vandelvira y sí en Martínez de Aranda. El arco abocinado, una traza relativamente simple, no es incluida por Vandelvira, pero sí por Rojas y por Aranda,²⁹ que hace de él un punto de partida para una serie de arcos abocinados en muros curvos y en esviaje. Todavía más significativo es el *Arco viaje contra viaje por lado y por plantas* de Martínez de Aranda. Se trata de resolver un arco esviado de embocaduras semicirculares y por tanto de sección

²⁵ Eduardo MARIÁTEGUI, *El Capitán Cristóbal de Rojas, ingeniero militar del siglo XVI*, Madrid, CEHOPU, 1985, p. 40.

²⁶ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación, conforme a las medidas de estos tiempos...*, Madrid, Luis Sánchez, 1598, f. 97, 97 v.-101 r.; José CALVO LÓPEZ, «Los trazados de cantería en la 'Teórica y práctica de fortificación' de Cristóbal de Rojas», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 67-75.

²⁷ Alicia CÁMARA MUÑOZ, «La arquitectura militar y los ingenieros de la monarquía española: aspectos de una profesión. (1530-1650)», *Revista de la Universidad Complutense*, 1981, pp. 259, 260.

²⁸ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación ...*, f. 99, 99 v. Cf. este último con Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 27 v.

²⁹ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación ...*, f. 99 r.; y Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, pl. 33-34.

Esta puerta es a proposito para la fortificacion.

Arco entre dos caracoles.

Figura 35. Cristóbal de Rojas, Teórica y práctica de fortificación, f. 97 v, 99 r.

recta elíptica con la ayuda de plantillas. Vandelvira lo resuelve por un ingenioso método de triangulaciones, que tiene el inconveniente de ser recursivo, laborioso y proclive a acumular errores. En Rojas y Aranda se resuelve de una manera más simple, generalización del usado para otros arcos en esviaje; parece claro que si Vandelvira hubiera conocido la regla de Rojas y Aranda, la hubiera incluido en su manuscrito además o en lugar del método recursivo que nos presenta.³⁰

Aún más llamativa es la presencia de ideas e incluso párrafos comunes en el tratado de Rojas y el manuscrito de Aranda. El pasaje de Rojas reproducido más arriba, el del «mucho uso y experiencia que se tendrá de ellas», y sobre todo el que dice que

no se puede saber perfectamente el cerramiento de un arco si no es contrahaciéndolos por sus piezas de barro o de yeso, y esto digo por la experiencia que tengo de ello, que en tiempo de mi mocedad me ocupé en contrahazer, y levantar modelos de muchas diferencias de cerramientos de capillas

recuerdan a Aranda cuando afirma que

los liniamientos de las trazas de monte en nuestros tiempos no las alcanzan a tener si no es aquellos que en su mocedad se han dado a la diciplina del trazar y contra hacerlas [...] así en esto siempre tuve cuidado y prencipalmente de contra hacer las dichas trazas y ponerlas por modelos antes de ponerlas por escritura

y también que *por ser la disciplina y estudio de ellas trabajosa por haber de estar los artífices continuamente asidos a la materia para ponerlas por modelos*. También «la materia que la tiene dentro en sí muy escondida» recuerda al *perpetuo silencio en estas dichas trazas de monte*. Incluso el término *Cerramientos* es privativo de Rojas, Aranda y López de Rojas y no aparece en otros autores de la época.

El tratado de Rojas vio la imprenta y el manuscrito de Aranda parece estar destinado a ella, como veremos. En cambio, el manuscrito llamado de Alonso de Guardia no es ni siquiera un cuaderno de uso personal, sino una serie de apuntes, borradores y notas garabateados en las páginas libres, e incluso entre los grabados, de un ejemplar del libro de emblemas de Battista Pittoni *Imprese di diversi Pricipi, duchi, signori, e d'altri personaggi et huomini illustri*.³¹ Se atribuye a Alonso de Guardia, maestro del que nada se sabe, porque su nombre figura varias veces en el

³⁰ José CALVO LÓPEZ, «Los trazados de cantería en la 'Teórica y práctica de fortificación' de Cristóbal de Rojas», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp. 67-75.

³¹ Battista PITTONI, *Imprese di diversi Pricipi, duchi, signori, e d'altri personaggi et huomini illustri, libro secondo*, Venecia, 1566, con versos de Ludovico Dolce. Ejemplar conservado en la Biblioteca Nacional, sección ER. El manuscrito fue dado a conocer y publicado en parte por Fernando MARÍAS, «Trazas, trazas, trazas. Tipos y funciones del diseño arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, p. 353.

manuscrito, a veces en dos ocasiones en la misma página, como el que prueba una pluma escribiendo su nombre.

Respecto a la fecha, debe de ser posterior al tratado de Cristóbal de Rojas, porque incluye un dibujo de un aparato topográfico descrito en la *Teórica*.³² La pieza en sí es el nivel de tranco, un instrumento más que conocido de antiguo, que se puede usar para comprobar si dos puntos están a la misma cota. La novedad que aparece a finales del siglo XVI es su graduación, de forma que se puede utilizar para conocer el desnivel entre dos puntos. En *Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas*³³ atribuido en tiempos a Juanelo Turriano y más recientemente a Pedro Juan de Lastanosa se expone entre otros un método empírico y un tanto incómodo para su graduación. En cambio, en la *Teórica y práctica de fortificación*³⁴ se describe un impecable procedimiento geométrico de calibración, basado en la semejanza de triángulos a que da lugar el giro del instrumento al apoyar sobre dos puntos en desnivel. El dibujo de Alonso de Guardia es similar en líneas generales al grabado de Rojas con algunas diferencias menores, y un añadido interesante, el de las líneas de pendiente que permiten explicar de forma muy intuitiva el giro y la semejanza de triángulos. El detalle es especialmente interesante, porque no sólo vincula a Guardia con Rojas, sino también con el mundo escurialense, ya que Andrés García de Céspedes, que ofrece por primera vez una demostración del procedimiento en el *Libro de instrumentos nuevos de geometría*, dice que vio el nivel «en casa de Juan de Herrera».³⁵

El cuaderno incluye dos apuntes sobre los órdenes toscano y dórico, pero en su mayor parte se centra en problemas de *montea*. De nuevo nos encontramos en el manuscrito los dos arcos característicos de Aranda y Rojas, el arco abocinado, que ni Vandelvira ni De L'Orme incluyen quizá por considerarlo muy simple, y el *Arco viaje contra viaje por lado y por plantas*, resuelto por un procedimiento no recursivo del que derivan otras muchas *trazas* de Aranda. Otros «cortes» peculiares, como el

³² Para todo lo referente al nivel, v. Mariano ESTEBAN PIÑEIRO y María Isabel VICENTE MAROTO, «El nivel atribuido a Juan de Herrera y su fundamento geométrico», *Llull*, 1991, pp. 31-57, y también María Isabel VICENTE MAROTO, «Juan de Herrera, un hombre de ciencia», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, p. 85.

³³ Pseudo Juanelo TURRIANO, *Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas*, 1570 (Manuscrito atribuido a Juanelo Turriano o a Pedro Juan de Lastanosa, c. 1570. Ed. de J. A. García de Diego, Madrid, Turner, 1983) V. Nicolás GARCÍA TAPIA, «Los 21 libros de los ingenios y las máquinas. Su atribución», *Boletín del Seminario de Arte y Arqueología*, 1984, pp. 434-439.

³⁴ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, ... f. 83.

³⁵ Mariano ESTEBAN PIÑEIRO y María Isabel VICENTE MAROTO, «El nivel atribuido a Juan de Herrera y su fundamento geométrico», *Llull*, 1991, p. 42. V. también Luis CERVERA VERA, *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, Valencia, Albatros, 1985, p. 89.

Capialzado abocinado en vuelta con sus despiezos, refuerzan la relación de estos bosquejos con Aranda.³⁶

Aquí si existen textos para explicar los «cortes» y encontramos que la redacción y notación se aproximan mucho a las de Aranda, sin llegar a ser idénticas. Tomando como ejemplo el *Arco viaje contra viaje por lado y por plantas*, Aranda expone la construcción central del problema, la de las *plantas por cara*, así:

supongo que quieres sacar la planta por cara C tirarás la linia en blanco 1 galgada con la linia B que toque donde tocó el plomo que bajo de la junta 2 en el diametro del arco A después tomarás el largo del bolsor desde el punto 2 al punto 3 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 4 y con la otra tocaras en la linia tirada en blanco en el punto 5 y desde el punto 4 al punto 5 tirarás la testa de la dicha planta por cara y con este tamaño del bolsor y el plomo en viaje señalado con el 6 formaras la planta por cara como parece entre los puntos 4 5 7 8

y Alonso de Guardia así:

La figura señalada con la E es la planta por cara de la segunda pieza para formar esta dicha planta tomarás la distancia que hubiere desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño echarás desde el punto 3 al punto 4 y a este dicho punto 4 tirarás una testa de la dicha planta por cara desde el punto 5 que venga a tener desde el dicho punto 5 al punto 4 la dicha testa el ancho que tuviere su bolsor en el arco cimicículo.³⁷

El procedimiento es el mismo, el léxico el mismo, la sequedad de estilo la misma, pero es evidente que ni el manuscrito de Aranda es copia del de Alonso de Guardia, ni viceversa, ni los dos de una tercera fuente. Habría que hablar de una misma escuela, diferente de la de Alonso de Vandelvira, aunque una y otra compartan muchas soluciones, como veremos.

2

El cuaderno del Servicio Histórico Militar

Si los textos de Hernán Ruiz y de Alonso de Vandelvira se conocían de antiguo, del manuscrito de Ginés Martínez de Aranda se tenían noticias por varios autores del siglo XVIII, pero se dio durante algún tiempo por perdido. Recoge su existencia Antonio Ponz, al hablar del «cuarto [maestro de la catedral de Jaén] Juan de Aranda, discípulo de Ginés Martínez de Aranda, maestro mayor de la santa iglesia de Santiago, autor de un libro de *Cortes de Cantería*».³⁸ En el *Retrato al*

³⁶ Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, Memoria de oposición a la Cátedra de Geometría Descriptiva, Universidad Politécnica de Madrid, 1997, p. 50.

³⁷ Alonso DE GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, f. 80 v.

³⁸ Antonio PONZ, *Viage de España, en que se da noticia de las cosas más apreciables y dignas de saberse que hay en ella...*, Madrid, Joaquín de Ibarra, 1772, t. XVI, carta IV, 13, p. 399 de la ed. de 1988.

natural de la ciudad de Jaén el Deán de la Catedral de Jaén Martínez Mazas afirma que

Más de cincuenta años estuvo parada la obra de esta catedral con perjuicio de lo trabajado, hasta que en el de 1634 entró en el Cabildo el Ilmo. Sr. obispo Don Baltasar Moscoso y Sandoval, y con su generosidad y celo movió los ánimos de todos para la continuación. Por fortuna se halló un maestro capaz de seguir las ideas de Vandelvira y fue Juan de Aranda discípulo y sobrino de Ginés Martínez de Aranda, Maestro de la Santa Iglesia de Santiago de Galicia y autor de varias obras Manuscritas de Arquitectura, que dedicó al Señor Arzobispo Don Maximiliano de Austria.³⁹

Según una nota de Juan Agustín Ceán Bermúdez a las *Noticias* de Llaguno,

En esta época residía también en Madrid Juan de Aranda Salazar, sobrino y discípulo de Ginés Martínez de Aranda, maestro mayor que había sido de la catedral de Santiago en Galicia, y autor de un libro de arquitectura, que, aunque dedicado al arzobispo Maximiliano de Austria, todavía no ha logrado la luz pública⁴⁰

En 1899 el capitán Quiroga adquirió una copia parcial de la obra en una librería de viejo, con destino a la biblioteca del Museo de Ingenieros del Ejército. La obra aparece reseñada en el catálogo de la Biblioteca de Ingenieros del Ejército de 1911,⁴¹ pero pasó prácticamente desapercibida hasta que en 1984, José Mañas conoció de la existencia del cuaderno en la biblioteca del Servicio Histórico Militar a través del General Espinós, y fue publicado en edición facsímil en 1986 con un prólogo de Mañas en el que relata las vicisitudes del hallazgo y un estudio preliminar de Antonio Bonet Correa.

El cuaderno es de dimensiones reducidas, de 165 por 120 milímetros, lo que contrasta con otros manuscritos de cantería de la época, de gran formato. Consta de 152 hojas, lo que arroja un total de 304 planas. El papel es verjurado, de estrías dispuestas transversalmente, con la excepción de la primera y las dos últimas hojas, que son de un papel diferente, de menos cuerpo, con el verjurado menos marcado y las estrías longitudinales. En algún momento después de la escritura el manuscrito fue recortado por los márgenes de cabeza, corte y pie, porque faltan completa o parcialmente encabezados de página, letras a la derecha de lo escrito o márgenes inferiores de los dibujos.

³⁹ José MARTÍNEZ MAZAS, *Retrato al natural de la ciudad de Jaén*, Jaén, 1794, pp. 232-233.

⁴⁰ Eugenio LLAGUNO Y AMÍROLA, *Noticia de los arquitectos y arquitectura en España desde su restauración ... ilustradas y acrecentadas con notas, adiciones y documentos por D. Juan Agustín Ceán Bermúdez*, Madrid, Imprenta Real, 1829, t. IV, p. 18 (Ed. Madrid, Turner, 1977) V. también Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, p. 118, y «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», p. 20; Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, p. 92.

⁴¹ Fernando MARÍAS, reseña de *Cerramientos y trazas de monte* en *Archivo Español de Arte*, 1988, pp. 329-330.

dentrel del arco. C. esta sirve de auxilio para sacar las plantas por
lecho las quales dichas plantas por lecho las sacaras con el auxilio
de las lineas tiradas en blanco q̄ hagan angulo Recto con
las xuntas q̄ trabiezan la planta en baxe como se hizo en el
arco capital de en bi axe por testa a. q̄ plantas desti libro
destas plantas por cara las sacaras conforme se hizo en el arco
capital de por plantas a. q̄ plantas desti libro estendian
delos lados de las plantas por lechos por linea con la Rienta

como se hizo en el arco capital de bi axe por testa labral los bol
son por una parte y otra con la forma q̄ tubiere en los bolsores de las ar
cos. A. C. de vnas testas a otras las labrazas a Regla plan
tando la Regla de qua drado q̄ben gana q̄ dar por las caras
y por los lados enganchados

Arco por arista en la cara

Para traçar este dicho arco por arista en la cara formaras el arco
A. en un círculo este servira para las testas. B. es mismo
formaras la arista por en fia. C. q̄ es clarista q̄ adelle bar por la
mitad de la cara en el derecho de la linea. D. supongo q̄ quier
labro lapicea. E. la labrazas primero de qua drado con la for
ma q̄ tubiere entre los quatro puntos 1. 2. 3. 4. q̄ tengades

Figura 36. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 46 y 47.

TERCERA PARTE 239 249

Vnatercia de alto de manera qdando los dichos de ocho
pasos vnabuelta bien e ganara dos subidas qcada
subida tiene tres baras de medir de alto con el grueso
de los pasos y con el ancho qhubiere vno de los dichos
de ocho pasos y con la distancia qseleca de paralelo
formaras las dos plantas por cararas para plantarlas de
quadrado antes q seayan de robar como parecen las
figuras C.D. y con vna destas dichas plantas porra
ras labraras los pasos deste dicho caracol y las robaras
asi

DE TRAZAS

asi por la moldura del ozo como por el diente
baxo como se hizo en el caracol de ozo Red
ondo a 246 planas deste libro y los puer
derar labrar los y robar los dichos pasos
reando ponener dos encada hilada uno
contra otro como parecen las dichas de p
lantar por cararas C.D.

Figura 37. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl.249 y 250.

Como se afirma en el prólogo de Aranda, el texto completo constaba de cinco partes: arcos; capialzados y puertas; caracoles y escaleras; pechinas y bóvedas; y capillas y ochavos. De éstas, el manuscrito que conocemos sólo incluye las dos primeras y el inicio de la tercera. La última página del texto [37] es de mano diferente que el resto del manuscrito y le siguen 39 páginas en blanco, lo que da a entender que se trata de una copia parcial interrumpida abruptamente. La tercera parte queda incompleta, pues en el plan que Aranda esbozó en el proemio había de tratar sobre escaleras y caracoles, pero tal como ha llegado a nosotros el manuscrito, sólo comprende once *caracoles*. Por otra parte el manuscrito del Servicio Histórico Militar no presenta señales de haber sido manipulado, lo que junto a las hojas en blanco, descarta la posibilidad de que se arrancara parte del manuscrito.

Las tres partes se abren con grandes titulares que anuncian la *PRIMERA [o SEGUNDA, o TERCERA] PARTE DE ZERAMIENTOS I TRAÇAS DE MONTEA DE XINES MARTINEZ DE ARANDA ARCHITECTO*, a los que después de un breve texto introductorio sigue otro que abre las *DIFINITIONES DE ESTA PRIMERA [o SEGUNDA, o TERCERA] PARTE*. A continuación siguen las *difinitiones* y después las *trazas* de cada parte, encabezadas cada una con un título en cursiva. También figura en cursiva el prólogo *AL LECTOR* y los textos introductorios de cada parte; el resto del texto está caligrafiado en letra redonda, todo en tinta siena. No existen ligaduras entre letras, y en muchas ocasiones tampoco espacios de separación entre dos palabras consecutivas.

Como rasgos ortográficos destacables [38], frecuentes en la época, está el empleo de la **q** con tilde como abreviatura de **que**, tanto como vocablo completo o como parte de una palabra; el uso de la **R** mayúscula con valor de **r** fuerte, tanto al principio como a mitad de una palabra; el empleo de **v** por **u**, pero utilizando para ello una **v** angular bien diferenciada de la **v** redondeada que se emplea para el moderno fonema **v**; también son típicos de la época el empleo de la **x** para un fonema cercano a la actual **j** y el empleo de la **ç**. La claridad de la caligrafía es apreciablemente superior a la del resto de los manuscritos españoles de cantería del siglo XVI.⁴² Como era habitual en los libros de la época, figura al final de cada página la palabra que abre la página siguiente.

Algunos detalles permiten asegurar que se trata de una copia de otro manuscrito de formato similar, hecha por alguien que no transcribía

⁴² Para todo esto, v. José MAÑAS MARTÍNEZ, «El tratado de Ginés Martínez de Aranda. Breve historia de un descubrimiento», en *Cerramientos y trazas de montea* y Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de montea», *ibid.*, ahora ampliado en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, pp. 119-140.

mecánicamente, sino que comprendía perfectamente el significado del texto. Por ejemplo en la plana 181 la última línea del texto que expone el *Capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre redonda* se halla interpolada en el estrecho espacio entre la penúltima línea y el título del *Capialzado viaje por cara desquijado de arco en torre redonda*, como si se hubiera escrito el título antes de terminar la traza anterior. En el texto del *Capialzado viaje por testa a regla diferente del pasado*⁴³ aparece tachado «aban ... », sin duda principio de «abançamento». Esto nos hace ver con claridad que el copista espera encontrar en el manuscrito una diferencia de cotas en horizontal - *avanzamento* - cuando se trata de una diferencia de cotas en vertical - *capialzo*; dicho de otro modo, no copiaba a ciegas sino que pensaba adelantándose al manuscrito. Lo mismo sucede en la *Puerta en torre cavada contra capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda*,⁴⁴ donde el copista se precipita y escribe «las xuntas» para darse cuenta inmediatamente de que en las trazas *en torre cavada* hay que obtener *los cabos y mitad de las juntas*.

Aunque pueden detectarse algunos errores aislados, tanto en el texto como en los dibujos,⁴⁵ la copia parece excepcionalmente cuidada, si se compara con otros manuscritos de cantería del Renacimiento y el Barroco. Los errores de notación que ese encuentran con frecuencia en los dos manuscritos del *Libro de Trazas de cortes de Piedras* e incluso en *Premier Tome de l'Architecture* son muy raros en el manuscrito del Servicio Histórico Militar.⁴⁶

Cada uno de estos cortes, o *trazas*, en el lenguaje de Aranda, se acompaña de un dibujo, como es habitual en estas obras, todas con un marco con cenefa [39] cuidadosamente realizado; junto a cada *difinition* aparecen uno o varios dibujos sin marco. Tanto unos como otros están realizados con notable precisión y limpieza, teniendo en cuenta la pequeña escala de los dibujos, que lleva a trazar círculos de pocos centímetros de radio. Se pueden detectar en algunos dibujos marcas de puntas de compás; en algunos casos están situadas en los centros de arcos o círculos, correspondiendo al trazado de estos arcos o círculos. Sin embargo, en muchos casos no se puede apreciar la marca en el centro de un arco o círculo trazado por otra parte con limpieza y precisión, lo que nos lleva a pensar que el dibujante manejaba el compás con gran delicadeza. También se encuentran marcas en otros puntos que no son centros de círculos o arcos, sino intersecciones de líneas a partir de o hasta las cuales ha de llevarse alguna medida; es decir, que el

⁴³ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, pl. 121.

⁴⁴ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, pl 184.

⁴⁵ V. notas a la **Transcripción literal**, en p. 255 y ss del Tomo III.

⁴⁶ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, París, Picard, 1982, p. 89.

tercera Redondo
vna poi q̃ casa

Figura 38. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl.235.

Figura 39. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 204 y 228.

compás se utiliza no sólo para el trazado de arcos, sino para la toma y transporte de medidas.

Una nota inmediatamente anterior al texto explica que el cuaderno fue adquirido por el capitán Quiroga en 1899 para la Biblioteca del Museo de Ingenieros [44]. En las últimas hojas, después de las 39 páginas en blanco, figura una serie de notas según las cuales la copia habría sido realizada por Alberto de Churriguera, pasando posteriormente a José de Churriguera, y después a un maestro de obras anónimo [40, 43].

3

La autoría del original y de la copia

Concretamente, en estas últimas hojas del volumen del Servicio Histórico Militar se leen dos notas con letras diferentes, ninguna de ellas iguales a la del texto. La primera de ellas reza: «Este libro es de Alberto de Churriguera por la verdad lo escribió el mismo Sepbre 4 de 1703». La palabra «Churriguera» está tachada con otra tinta. La segunda nota dice: «Soi de Dn. Joseph de Churriguera». Basándose en estas dos notas, se viene dando por sentado que esta copia fue realizada por un miembro de la familia de los Churriguera, al menos desde la adquisición del cuaderno por el capitán Quiroga en 1899.⁴⁷

Sin embargo, esta prueba de autoría aparentemente indiscutible empieza a complicarse a poco que la sometamos a análisis. En primer lugar está la tachadura sobre «Churriguera». En segundo lugar, llama la atención la completa disparidad entre la letra de la primera nota y la del cuerpo del manuscrito, si bien es cierto que la letra del texto parece una letra forzada, como la de alguien que está concentrado en copiar de modo fiel y en ocasiones parte o fusiona palabras, mientras que la de esta anotación es una cursiva cotidiana, despreocupada.

Por otra parte, la primera nota dice claramente que lo escribió Alberto de Churriguera, nacido en 1676 y fallecido en 1750, y está fechada en 1703. El José de la otra nota no puede ser José Simón de Churriguera, que falleció en 1679, sino José Benito, el hermano mayor de Alberto; por tanto, de aceptar literalmente las notas, el copista y autor de los dibujos de este manuscrito, salvo la última página, sería Alberto de Churriguera, que lo habría realizado a los veintisiete años.⁴⁸ No se

⁴⁷ V. p. 112 del Tomo I; Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», p. 23.

⁴⁸ Dice Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», p. 23, que «según las notas que se leen en la primera página en blanco de las guardas, fue copiado por el padre de los Churriguera, perteneciendo primero a José Benito de Churriguera y después a Alberto de Churriguera». El comentario no es fácil de comprender, pues en las notas sólo se hace referencia

comprende fácilmente por qué el manuscrito había de pasar de Alberto a José Benito,⁴⁹ que murió en 1723, cuando Alberto estaba en pleno ejercicio de la profesión; no cabe pensar en un obsequio al hermano mayor, tutor y protector al que Alberto debería estar agradecido,⁵⁰ pues no es una obra terminada; tampoco es un trabajo de aprendiz, que por otra parte no cuadraría con la edad de Alberto. Sólo caben dos explicaciones: que José Benito pusiera su nombre en un cuaderno en blanco con intención de utilizarlo, pero lo acabara entregando a Alberto; o bien que el «Joseph» de la nota no fuera José Benito, sino un miembro posterior de la familia.

Ahora bien, hasta ahora no se había señalado que la hoja donde figuran las tres notas, la penúltima del volumen, es junto con la siguiente, de un papel diferente al resto, y ligeramente más corta que el resto del manuscrito, que fue cortado con posterioridad a la escritura, lo que da a indicar que se trata de un añadido posterior. Esto debilita en gran medida las dos explicaciones que hemos avanzado. No es verosímil que José Benito añadiera una hoja a un cuaderno en blanco y sobre ella anotara su nombre para entregarlo después a su hermano menor; ni tampoco que Alberto añadiera una hoja a un manuscrito a medio copiar en el que todavía quedan hojas en blanco para decir «Este libro lo escribió Alberto de Churriguera». Por otra parte, las hojas que sí son del mismo tamaño y textura son la 249, la última de la mano que transcribe la práctica totalidad del texto, y la 250, la de mano diferente que da fin a lo transcrito, lo que aleja la posibilidad de que la copia fuera dividida por estas páginas.

Las dudas sobre la autoría de Churriguera hacen obligatorio estudiar la autenticidad de la copia partiendo de una posición sin prejuicios; dicho de otro modo, pensar si el hipotético falsificador de la firma de Churriguera no pudo haber fabricado todo el manuscrito. Pero esto se puede descartar por varios motivos. Por tres veces proclama el texto que estamos ante los *Cerramientos y trazas*

a dos Churriguerras: la superior hace el manuscrito propiedad de un Alberto de Churriguera, y la segunda de Joseph o José Benito de Churriguera (1665 - 1723) V. también Antonio BONET CORREA, «Galicia Barroca», en *Galicia no tempo. Conferencias / otros estudos*, Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, 1991, p. 187.

⁴⁹ Por mor de imparcialidad, hay que señalar una eventual vía de llegada del manuscrito a manos de los Churriguera, aunque la consideramos muy improbable por las razones que se explican más adelante. Alfonso RODRIGUEZ GUTIERREZ DE CEBALLOS, «Nuevos documentos sobre José de Churriguera», *Archivo Español de Arte*, 1985, p. 12, ha llamado la atención hacia la dote de Teresa Elías, madre de José Simón de Churriguera y abuela y tutora de Alberto, en su tercer matrimonio. En ella figuraban libros procedentes tal vez de José de Churriguera el Viejo, padre de José Simón, o de su segundo marido, el también arquitecto José Ratés; además de Serlio, Durero, Arfe, la *Aritmética* de Pérez de Moya, aparece «otro libro de arquitectura cuyo autor no se menciona». Estos libros, según Ceballos, tal vez habrían sido heredados por Alberto y Joaquín.

⁵⁰ Alfonso RODRIGUEZ GUTIERREZ DE CEBALLOS, «Nuevos documentos sobre José de Churriguera», *Archivo Español de Arte*, 1985, pp. 10-16.

El Hijo Es El P. Aranda El
~~por la Verdad lo era~~
Vio El (Mismo Sep. 4 de 11.3)

El P. Joseph & Chixiquera
7 17

Figura 40. Notas en Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl.294.

Figura 41. Firma de Gines Martínez de Aranda en un poder otorgado a su mujer en 1598. Archivo Histórico Provincial de Jaén, leg. 4704, f. 422.

entre vn arco vtro de los q llegan a los Rincones es en trazar
 los bolsos en qua drado en la circun ferencia del aban camento
 como paréce en la figura. N. vlos Robaras conforme se hicier en la
 ca pi lla qua drada por Rin con a planas des telibro **DE**

Figura 42. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl.112.

de monte de Ginés Martínez de Aranda. No conocemos motivos para dudar de esta afirmación y sí algunos indicios que refuerzan la autenticidad del manuscrito. En primer lugar, está fuera de duda la existencia del texto de Aranda, confirmada por su testamento hallado recientemente por Gila Medina. Además, Ponz, Ceán y sobre todo Martínez Mazas, estaban bastante bien informados sobre él. Es significativo que Ponz y Ceán se refieran al texto al hablar de Jaén, y no de Alcalá la Real, y que los tres autores lo vinculen a Aranda y Salazar, cuando sólo recientemente se ha sabido de la existencia de libros de cantería en manos del maestro de la catedral de Jaén y de su paso a López de Rojas; de la calidad de los datos de Martínez Mazas dice mucho que hable de **dos** libros de la mano de Aranda, extremo confirmado por el testamento.

Que el manuscrito del Servicio Histórico Militar responda a este texto es una cuestión diferente, pero aquí también contamos con indicios positivos. El verbo CERRAR con el sentido de «colocar la clave» es de uso muy extendido en la cantería española del siglo XVI; pero su derivado CERRAMIENTO, sólo lo hemos encontrado en el manuscrito, en la *Teórica y práctica de fortificación* y en los documentos asociados a Eufasio López de Rojas; es decir, en contextos muy próximos a Aranda o a sus discípulos. La presencia del *Corredor volado formado de arcos avanzados*, tan vinculado a La Mota, la de los arcos elípticos peraltados de Cádiz, las semejanzas con Rojas, y sobre todo la consistencia de las soluciones típicamente quinientistas, nos hacen descartar la idea de una falsificación global del manuscrito, por otra parte opuesta a la chapucera interpolación de la hoja de «Churriguera».

Resuelto este problema, y ante las sospechas sobre la autoría de uno u otro de los Churrigueras, se impone contrastar la letra del manuscrito con otros autores posibles de la copia. Confrontemos en primer lugar el manuscrito con la firma de Juan de Aranda Salazar, relacionado con la obra por Ponz, Martínez Mazas y Ceán, que enseñaba a alumnos *trazas de monte*, que pudo haber recibido el cuaderno de manos de María de Morales. Aunque las **a**, **n**, **e** puedan recordar a las de los *Cerramientos*, la existencia de ligaduras entre letras, las **A**, **S**, **r**, y sobre todo las **d** y **z** se separan por completo de los rasgos más característicos del manuscrito.

También el propio Martínez de Aranda pudo haber realizado una copia, lo que explicaría las «varias obras Manuscritas de Arquitectura» de Martínez de Mazas. Comparemos ahora la letra del manuscrito con la de las condiciones redactadas por Martínez de Aranda en 1585 para la construcción de un adarve en Castillo de Locubín.⁵¹ El aspecto general de la escritura se asemeja bastante a la de los

⁵¹ Condiciones para un adarve junto a las casas del señor Ruy Díaz de Mendoza en Castillo de Locubín, de 16 de Septiembre de 1589; Archivo Histórico Provincial de Jaén, leg. 5675, f. 106-106 v. V. Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 272.

Cerramientos por su carácter itálico, la completa ausencia de ligaduras entre letras, la tendencia a no separar las palabras entre sí y el empleo de **q** con tilde con valor de **que**. También son varias las letras que individualmente se aproximan a la caligrafía de los *Cerramientos*, como las **y**, **b**, **z**, y muy especialmente las **t** que se comprimen para igualarlas en altura a las letras más bajas. Pero por contra, las **s**, **d**, **l**, **r** y **p** son claramente diferentes, y aparece un signo paleográfico peculiar con valor de **rr**, en lugar de la **R** mayúscula que se emplea en los *Cerramientos*.

Si ahora examinamos la firma de Aranda en documentos de alrededor de 1600 [41], la semejanza se hace más acusada.⁵² Las **s**, **r**, **t**, **e**, **a**, son muy similares a las del manuscrito del Servicio Histórico Militar [42]; las **n**, **m**, de la firma se trazan en ocasiones como en el manuscrito, otras veces de forma más picuda; la **d** es diferente de la **d** de palo recto del cuerpo del manuscrito, pero muy similar a una **d** de astil curvado que se emplea en la escritura cursiva de los títulos que encabezan cada *traza*; la **g** de la firma es similar no a la **g** ordinaria del manuscrito, pero sí a una **g** ligeramente mayor empleada como notación para referirse a puntos del dibujo. De nuevo las letras se trazan de forma completamente independiente, y la separación entre palabras no es mayor que la separación entre letras de la misma palabra, como en los *Cerramientos*. Los mismos rasgos se mantienen en la firma de Aranda en la segunda década del siglo XVII;⁵³ las **m** y **n** son algo más redondas, lo que las acerca al manuscrito del Servicio Histórico Militar, pero aparece en ocasiones una **e** diferente de la de los *Cerramientos*.

Por tanto, el examen caligráfico nos da dos noticias de gran importancia: el cuaderno del Servicio Histórico Militar no ha sido escrito por ninguno de los Churruigueras, como se venía pensando, sino por el propio Ginés Martínez de Aranda; y se asimila a la caligrafía de Aranda en una franja temporal que va desde los últimos años del siglo XVI hasta su muerte en 1620. Esto se refiere a la copia que conocemos, no a la primera redacción, pero nos lleva a preguntarnos por la fecha de ésta.

⁵² Contrato de aprendizaje de Pedro Pablo de Ordóñez con Ginés Martínez de Aranda en 1597; Archivo Histórico Provincial de Jaén, leg. 4616, f. 42 - 43 v. Poder otorgado por Ginés Martínez de Aranda a su mujer y a Juan Jiménez para que compren y vendan bienes en su nombre en 4 de Agosto de 1598; Archivo Histórico Provincial de Jaén, leg. 4704, f. 421 - 422. Contrato de venta de tejidos por Ginés Martínez de Aranda en 16 de junio de 1602. Archivo Histórico Provincial de Jaén, leg. 5646, f. 242 v., también numerado como 215. V. Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 277, 279.

⁵³ Informe y plano de Ginés Martínez de Aranda y Pedro de Velasco acerca de obras en la iglesia abacial de La Mota, de 28 de Julio de 1616, reproducido en Carmen JUAN LOVERA, «La pulchra ignota ...», p. 157. Contrato de Ginés Martínez de Aranda con Martín Díaz de Mendoza para realizar obras en la ermita de la Concepción de Castillo de Locubín en 7 de Junio de 1617; Archivo Histórico Provincial de Jaén, leg. 5652, f. 183 v.-185 v. V. Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 79, 279.

La fecha del manuscrito

Para acotar la fecha del manuscrito original debemos partir de la noticia de Martínez Mazas y Ceán Bermúdez según la cual Aranda era «autor de un libro de Arquitectura, que, aunque dedicado al arzobispo Don Maximiliano de Austria, no ha logrado la luz pública».⁵⁴ Las fuentes de información de Martínez Mazas eran fiables, como lo prueba su conocimiento de la existencia de **varias** obras de Martínez de Aranda, extremo que ha sido confirmado recientemente por el hallazgo del testamento del maestro debido a Gila Medina.

La primera noticia que relaciona a Martínez de Aranda con el prelado es la de su presencia al frente de las obras de la abadía de La Mota en 1589, aunque es posible que Aranda estuviera trabajando desde algún tiempo antes. Así, el comienzo de la redacción del manuscrito no debería de ser anterior a los últimos años ochenta; ni tampoco podría ser posterior a 1608, fecha en la que Aranda se aleja de Santiago y de don Maximiliano.

Otro elemento que nos ayuda a precisar la fecha es la relación entre los *Cerramientos* y el tratado de Cristóbal de Rojas. El paralelismo entre trazas y texto de las dos obras nos lleva a pensar bien en la influencia de uno sobre otro, bien en una fuente común. Se puede descartar que el manuscrito de Aranda tuviera una influencia determinante en la redacción de la *Teórica y práctica de fortificación* porque los caminos de Aranda y Rojas no se vuelven a cruzar hasta el nombramiento de Aranda como maestro mayor del Obispado de Cádiz en 1598 y la intervención de ambos en la reconstrucción de la iglesia mayor de Cádiz. Precisamente la impresión de la *Teórica* es de 1598, si bien el privilegio es de 1596; por lo tanto, cuando Aranda y Rojas se conocieron, la *Teórica* estaba en prensa o a punto de entrar en ella.⁵⁵

En cuanto a la posibilidad de una tercera fuente, se puede descartar cualquier precedente impreso del arco abocinado y del segundo *viaje contra viaje por cara y por plantas*; ninguno de los dos aparece en Hernán Ruiz, De L'Orme ni Vandelvira, el primero por demasiado conocido y el segundo por todo lo contrario.⁵⁶ El origen común podría ser una fuente manuscrita y hoy perdida, pero

⁵⁴ Eugenio LLAGUNO Y AMÍROLA, *Noticia de los arquitectos y arquitectura en España desde su restauración ...*, Madrid, Imprenta Real, 1829, t. IV, p. 18. V. también Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, p. 118.

⁵⁵ José CALVO LÓPEZ, «Los trazados de cantería en la 'Teórica y práctica de fortificación' de Cristóbal de Rojas», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, p. 68.

⁵⁶ El problema del segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*, el del arco de testas semicirculares y juntas de intradós paralelas a las jambas, está planteado y resuelto por triangulaciones en Alonso de

estos manuscritos funcionaban en círculos restringidos, y de nuevo hay que decir que las trayectorias de Aranda y Rojas no se cruzan hasta la catedral de Cádiz; es muy improbable que los dos hayan conocido antes de los últimos años noventa una misma fuente manuscrita que dé origen tanto a los textos similares como a los dos arcos de los que hemos hablado. Por tanto, ya sea por influencia de Rojas sobre Aranda, ya por una tercera fuente que les habría llegado a ambos al frecuentar los mismos círculos, hay que situar la redacción definitiva de los *Cerramientos* de 1598 en adelante.

La trayectoria profesional de Aranda refuerza este razonamiento. Como hemos expuesto más arriba, en la bóveda en pescante de la iglesia de La Mota, terminada en 1599, encontramos lunetos del tipo de los conocidos durante los siglos XVII y XVIII como «lunetos apuntados» basados en la intersección de un cilindro con dos planos; en cambio, en los cerramientos aparece un *Corredor volado sin columnas formado de arcos avanzados*, muy similar al de La Mota pero integrado por lunetos producto de la intersección de dos cilindros. Los planos se reservan al *Corredor volado sin columnas formado de arcos por arista*, correspondiente a la intersección de cilindros del mismo radio, en la que el luneto de cuarto grado degenera en dos elipses. Parece claro que la solución de los *Cerramientos* es más avanzada, valga el juego de palabras; no ya por su mayor elegancia que destaca Pérouse de Montclos,⁵⁷ sino porque la emplea Aranda en el convento alcalaíno de la Consolación, probablemente, y con seguridad su sobrino y discípulo Juan de Aranda Salazar en el mismo convento y en la nave de San Pedro de Castillo de Locubín.

Todo esto encaja bien en la evolución de los métodos de la cantería en España y Francia. Como iremos viendo, los trazados de Aranda proceden en buena medida del tratado de Philibert de L'Orme y en algunos aspectos son más evolucionados que los de Vandelvira, tanto por el mayor número de problemas abordados en el terreno de los arcos y capialzados como por la sutileza de correcciones ópticas, la búsqueda de una mayor precisión en el detalle o la obstinación en buscar soluciones *por plantas a trazas* con caras alabeadas; en general se puede seguir en Aranda una cierta voluntad de afinar las soluciones de De L'Orme y Vandelvira, no siempre coronada por el éxito. Es significativo que en las *trazas* conocidas por De L'Orme y Vandelvira, Aranda apenas comete errores; en cambio, cuando pretende abordar otros problemas, es más inseguro.

VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 27 v. La solución es muy elegante y geoméricamente impecable, pero es laboriosa y propensa a sumar errores. Cristóbal de Rojas, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 99 v., aporta una solución no recursiva por abatimientos que Aranda adopta en lo esencial y enriquece con la construcción que permite obtener la *cimbria* o sección recta del cilindro de intradós.

⁵⁷ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, París, Picard, 1982, p. 208.

Como conclusión de este punto, creemos que se puede situar la fecha de comienzo de la primera redacción del manuscrito entre 1598 y 1608. La copia del Servicio Histórico Militar podría datar de esos años o ser posterior a la vuelta de Aranda a Castillo de Locubín en 1608. Esto permite precisar varias cuestiones. Por una parte, queda explicada la disparidad entre el dato aportado por Martínez Mazas y Ceán Bermúdez de la dedicatoria al arzobispo Don Maximiliano y la ausencia de tal cláusula en la copia del Servicio Histórico Militar; la redacción original llevaría tal dedicatoria, por deseo de agradar al prelado o por estar destinado el manuscrito a la imprenta; después Aranda se plantea más modestamente componer un libro para uso de su hijo Ginés o su sobrino Juan de Aranda y Salazar, y la dedicatoria es innecesaria. La existencia de original y copia casa con la presencia de dos libros en el inventario de bienes hecho a la muerte de Aranda y las «varias obras» a las que se refiere Martínez de Mazas. El manuscrito original llegaría a Jaén con Juan de Aranda y Salazar, de cuyos descendientes obtendrían sus datos directa o indirectamente Ponz, Martínez de Mazas y Ceán Bermúdez: es significativo que los tres asocien el texto de Martínez de Aranda con la Catedral de Jaén y Aranda Salazar, y que los dos últimos repitan el dato de la dedicatoria.

5

El contenido y estructura del manuscrito

Aranda describe con precisión el contenido de su manuscrito en el proemio titulado *AL LECTOR*:

me pareció por más claridad dividir las [mi escritura] en cinco partes en la primera trataré de arcos dificultosos en la segunda de capialzados y puertas en la tercera de caracoles y escaleras en la cuarta de pechinas y bóvedas en la quinta de capillas y ochavos

Este plan es similar al del *Libro de Trazas de cortes de Piedras* de Alonso de Vandelvira⁵⁸, que comprende por este orden pechinas y trompas, arcos y decendas de cava, troneras, capialzados, caracoles, capillas redondas, capillas cuadradas, triángulos, capillas perlongadas, ochavos, patios y rombos. Hernán Ruiz, mucho menos sistemático, incluye un arco, un capialzado, capillas y caracoles.

Las diferencias entre Vandelvira y Aranda son de detalle: Vandelvira separa capillas cuadradas, redondas, perlongadas, triangulares y romboidales, cuando Aranda incluye un único grupo; en cambio, Aranda separa los caracoles y las escaleras; Vandelvira incluye las trompas, decendas de cava, troneras y patios,

⁵⁸ V. Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, pássim, y esp. la «Tabla de lo entendido en este libro», al final, sin foliar, pero teniendo en cuenta que se halla incompleta.

mientras que Aranda incluye *puertas* y *bóvedas*; Vandelvira presenta las *pechinas* en primer lugar, mientras que Aranda las sitúa después de los arcos, capialzados y *caracoles*.

Pero dejando aparte estas cuestiones menores, lo cierto es que el campo de intereses de los tres maestros es muy similar, pues como iremos viendo no sólo se ocupan de los mismos géneros, sino que en cada uno de ellos abordan problemas similares; todos los problemas abordados por Ruiz interesan a Vandelvira, a Martínez de Aranda o más frecuentemente, a los dos.

Conocemos una veintena de trazados de cantería en el manuscrito de Hernán Ruiz, frente a más de ciento cuarenta en el de Alonso de Vandelvira. Si el manuscrito de Aranda hubiera llegado a nosotros completo, con toda seguridad contaría con más «cortes» que el de Vandelvira.⁵⁹ Frente a catorce arcos del manuscrito de Vandelvira, Aranda ofrece setenta; frente a diez capialzados, cincuenta. En su estado actual, totaliza ciento treinta y dos *trazas* y doce *difinitiones* auxiliares frente a ciento cuarenta y un títulos en el manuscrito de la Escuela de Arquitectura del *Libro de trazas de cortes de piedras*.

Todo parece indicar que Aranda llegó a dar cima a su ambicioso plan o al menos lo desarrolló hasta un estadio muy avanzado. Bonet Correa decía en 1986 que

[...] el copista sólo ha transcrito tres [de las partes del manuscrito] dejando la última incompleta, como se puede comprobar por su tamaño y por el cambio de letra en su último apartado. El volumen manuscrito [...] tiene muchas hojas en blanco, reservadas en principio para las dos últimas partes [...]⁶⁰

Pero además el estudio detenido del propio manuscrito ofrece pruebas claras. En el *Corredor volado sin columnas formado de arcos avanzados* Aranda nos dice que

*entraras los bolsores en cuadrado en la circunferencia del avanzamiento como parece en la figura N y los robarás conforme se hiciere en la capilla cuadrada por rincón a planas de este libro*⁶¹

La referencia a la *Capilla quadrada por rincón*, que debería figurar en la quinta parte del manuscrito, proporciona una prueba indiscutible de que Aranda debió de escribir las cinco partes o al menos alcanzó un grado de elaboración muy avanzado, lo suficiente como para tener compuesto el índice y una idea muy clara de cómo

⁵⁹ Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», en Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de monte*, p. 24; Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 54.

⁶⁰ Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», en Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de monte*, p. 23.

⁶¹ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de monte*, pl. 112.

iba a abordar cada «corte» incluso en sus detalles. Cuando aparecen en el cuaderno del Servicio Histórico Militar referencias internas del tipo *conforme se hizo en la traza X a N planas de este libro*, la referencia siempre es a la numeración del manuscrito del Servicio Histórico Militar, y con raras excepciones, es precisa.⁶² Por tanto, si en este pasaje aparece en blanco la plana de la *Capilla cuadrada por rincón* es porque Aranda esperaba rellenarla después de transcribir el texto correspondiente a dicha *capilla* y saber a ciencia cierta qué plana ocupaba. El manuscrito de Alonso de Guardia nos permite imaginar hasta cierto punto cómo iba a tratar Aranda esta *traza*, aunque no incluye texto y no aporta ningún dato sobre el punto crítico, el de la labra.

Frente a una estructura aparentemente aleatoria del manuscrito de Hernán Ruiz o el tratado de De L'Orme, el texto de Vandelvira representa un avance indiscutible, pues es el primero que ordena claramente los «cortes» por géneros, separándose claramente de los cuadernos personales asistemáticos de tradición medieval.⁶³ Pero Aranda va mucho más allá: es el primer texto de cantería con pretensiones de exhaustividad. Podría pensarse que esta ambición enciclopédica obedece a una incapacidad de generalización; nada más lejos de la realidad. En varias ocasiones Aranda nos presenta soluciones cuyos orígenes pueden rastrearse hasta De L'Orme y a renglón seguido su aplicación a un caso más general, que aparece por primera vez en Aranda o Rojas. Por lo tanto, habría que pensar que el ánimo de agotar todas las variantes de cada problema no responde a una concepción particularista negada a la generalización, sino a una voluntad didáctica.

No sólo en esto se manifiesta el espíritu de sistema en Aranda: cada uno de los géneros que aborda se hallan implícitamente divididos en **familias**, cosa que no se percibe tan claramente en Vandelvira.⁶⁴ Así, al comienzo del manuscrito se encuentra el *Arco viaje contra cuadrado por testa*, que se expone en veintinueve líneas, con notación que utiliza mayúsculas hasta la F, minúsculas hasta la I y números hasta el 10; a continuación figuran dos variantes de esta *traza*, el *Arco disminuido por testa* y el *Arco viaje contra viaje por testa*, que se resuelven en veinte y catorce líneas respectivamente, con notación más simple, que sólo comprende mayúsculas y en los dos casos llega a la C.

Una y otra vez se repite el mismo esquema: cada familia comienza con una traza introductoria, en la que aparece la dificultad característica de la familia, y que

⁶² V. pp. 265 y 280 del Tomo III.

⁶³ Roland RECHT, «Les 'traités pratiques' d'architecture gothique», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, Strasbourg, Editions Les Musées de la Ville de Strasbourg, 1989, pp. 279 y 284.

⁶⁴ V. sobre la ordenación por familias, Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 51.

se describe de una forma relativamente extensa, con abundante notación, llegando a veces a agotar el alfabeto y usar signos especiales. A continuación aparecen variantes que combinan la dificultad característica con otras complicaciones y se exponen de forma más sucinta, con referencias a la traza introductoria y con notación más reducida.

Respecto al contenido de las dos partes y media que no conocemos sólo se pueden hacer hipótesis. En primer lugar, hay que pensar que además de los *caracoles* que conocemos, la tercera parte incluiría algunas escaleras en sentido estricto. El proemio de los *Cerramientos* habla de *caracoles y escaleras*, y Aranda y Vandelvira no emplean nunca ESCALERA para referirse a los *caracoles*.

Para las bóvedas y *capillas*, nos proporcionan indicaciones valiosas los dibujos de Alonso de Guardia, que está próximo a la línea de Rojas y Aranda, como hemos visto.⁶⁵ Entre ellos se incluye un equivalente de la «Capilla redonda en vuelta redonda» de Alonso de Vandelvira,⁶⁶ pero que a diferencia del maestro de Sabiote se resuelve, o más bien se esboza, tanto *por plantas* como *por robos*; una «capilla cuadrada por hiladas en vuelta de horno», equivalente a la «Capilla cuadrada por hiladas cuadradas» de Alonso de Vandelvira;⁶⁷ una semejante a la «Voute de four quarrée soubz forme de pendentif» de Philibert de L'Orme;⁶⁸ dos *capillas* sobre planta cuadrada, una resuelta «por arista» y la otra «por rincón»;⁶⁹ y otra pareja «en triángulo», también ofreciendo la alternativa de las soluciones por «arista» y «por rincón», generalizando así el «Triángulo igual por hiladas rectas», esto es, *por rincón*, de Vandelvira.⁷⁰ También podría incluir la versión completa de los *Cerramientos* una bóveda nervada, como las presentadas por Hernán Ruiz, De L'Orme, Vandelvira y Alonso de Guardia.⁷¹ Por el contrario, no tiene correlato

⁶⁵ Alonso de GUARDIA, *Manuscrito*, incluido en una copia de Battista PITTONI, *Imprese di diversi Principi, duchi, signori, e d'altri personaggi et huomini illustri*, Venecia, 1566, con versos de Ludovico Dolce. Ejemplar conservado en la Biblioteca Nacional de Madrid, signatura ER/4196. También es interesante a este respecto Juan de PORTO Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708 (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114).

⁶⁶ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 60 v. - 61 v.; Alonso DE GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, f. 69 v.

⁶⁷ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 84 r.; Alonso DE GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, f. 84 v.

⁶⁸ Philibert DE L'ORME, *Le Premier Tome De l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567, f. 113 v.-114 r.

⁶⁹ Es interesante comprobar como oscila el léxico de la cantería entre los maestros de esta época; la «Capilla por rincón» de Alonso DE GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, f. 75 v., que para nosotros sería una bóveda en rincón de claustro, equivale a la «Capilla por arista» de Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 80 r.

⁷⁰ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 87 r.; Alonso DE GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, f. 74 v.

⁷¹ Enrique RABASA DÍAZ, «Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, p. 427. Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, *El gótico español de la Edad Moderna*.

alguno en Vandelvira la «Bóveda oval» dispuesta en realidad sobre lo que Pérez de Moya llama «figura lenticular», es decir, la limitada por dos arcos de círculo y dos segmentos de recta; la bóveda es una superficie de revolución con forma de medio tonel generada por uno de los arcos de círculo al girar alrededor del eje mayor de la «figura lenticular», y la forma de resolver los lados cortos recuerda a los capialzados *en cercha en la cara y oval* de Martínez de Aranda.⁷²

El cuaderno de Alonso de Guardia incluye varias *pechinas*. Es interesante la «Pechina en rincón y esquina», reflejada únicamente en un dibujo muy sumario, porque emplea una corrección que hace más apuntada la pieza, como en el «corte» homónimo de Vandelvira, y opuesta a la utilizada en el *Arco por esquina y rincón* de Aranda.⁷³ También la «Pechina por hiladas en vuelta de horno», es decir, la abierta en una bóveda esférica a modo de luneto, se relaciona con la «Media naranja en capilla redonda» de Vandelvira. Contamos con un único *ochavo*, el «Ochavo de crucería por rincón», equivalente a la mitad del «Ochavo igual por cruceros» de Vandelvira.⁷⁴

Resumiendo este punto, los arcos y capialzados de Alonso de Guardia son un extracto de los de Aranda; una selección reducida en número, pero muy próxima en técnicas de traza y labra. Si sucede lo mismo con las bóvedas, pechinas y ochavos, y no hay razón para pensar otra cosa, entonces podemos suponer que Aranda siguió en las dos partes y media de las que disponemos la misma línea de las otras dos y media: recoger, combinar, extender y ampliar las soluciones de De L'Orme y Vandelvira. Pero todo esto, repetimos, no es más que una hipótesis mientras no contemos con datos más concretos.

Bóvedas de Crucería, Valladolid, Universidad, 1998, p. 34, dice que «la riqueza numérica de los cortes de Ginés y su pertenencia a la escuela andaluza, como epígono de Andrés de Vandelvira, son razones sobradas para afirmar que entre las últimas trazas de monte figuraban la crucería estrellada y la casetonada. Crucería simple, al menos, usó en la cartuja de Jerez [...]». Hay que tener en cuenta que la presencia de un «corte» en Vandelvira no permite asegurar su inclusión en Aranda; que no se mencionan en el prólogo de los *Cerramientos* las «decendas de cava», trompas y troneras vandelvirianos, y que Aranda no terminó su contrato en Jerez, según Carlos GARCÍA PEÑA, *Arquitectura gótica religiosa en la provincia de Cádiz. Diócesis de Jerez*, Tesis doctoral, Universidad Complutense, 1990, pp. 1016, 1041. Aún así, consideramos **probable** la presencia de la bóveda nervada en la parte perdida de los *Cerramientos*, a la vista del cuaderno de Alonso de Guardia, pero con los datos de que disponemos hoy nos parece arriesgado darla por **segura**.

⁷² Alonso DE GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, f. 88 v.; v. pp. 99 y ss. del Tomo III.

⁷³ Alonso DE GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, f. 29 v.; v. p. 185 del Tomo II.

⁷⁴ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 104 v.; Alonso DE GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, f. 88 v.; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 104 v.

El léxico y la redacción de Aranda

Se pueden distinguir en la terminología de Aranda tres bloques de orígenes bien diferentes: el léxico de la arquitectura clásica, relacionado especialmente con la traducción de Alberti por Francisco Lozano; el vocabulario de la geometría culta, tal como aparece en las obras de Pérez de Moya y las traducciones de Euclides; y la jerga de la cantería, de tradición medieval pero revitalizada por intercambios con el francés a lo largo del tiempo.

El léxico albertiano no tiene una relación estrecha con el contenido del manuscrito, ya que los cortes de cantería interesan poco en Italia, como veremos más adelante.⁷⁵ Aparece sobre todo en el prólogo *AL LECTOR*: AREA, LINIAMENTOS, PARTICION, son términos de la traducción de Lozano;⁷⁶ ARQUITECTO, aunque usado en la Edad Media, es inequívocamente renacentista, como típicamente italiano es MODELO. A lo largo del cuerpo del manuscrito sólo lo encontramos muy ocasionalmente, como en los arcos fuera de SIMETRIA o en términos como MIEMBRO o COLUMNA. Aun tan escasa, esta jerigonza tiene gran interés, pues nos habla de un arquitecto interesado por la cultura clásica y no de un simple cantero practicion; la misma imagen encontramos en otros escritos de Aranda como el informe sobre el Gaván de la fortaleza de la Mota donde habla de expertos en MARTE.⁷⁷

El vocabulario de Euclides asoma a veces en la prosa tersa de Aranda, pero es más frecuente que los mismos conceptos se expresen en el habla de los pedreros; aunque ÇIRCUNFERENÇIA, PEDAÇO DE ÇIRCULO, SGMENTO MENOR DE ÇIRCULO, CONCURIENTE, DIFINITION, XEOMETRÍA se utilizan a lo largo del manuscrito y se dice LINIA antes que TRAÇO, por contra se prefiere en general

⁷⁵ Se puede comparar esta situación con la que describe María de los Ángeles TOAJAS ROGER, «Aportación a la lexicografía española de arquitectura del siglo de oro: Vocabulario de carpintería y de alarifes en Diego López de Arenas», en *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, Madrid, Universidad Complutense, 1994, p. 666, «en el lenguaje corriente de construcción la presencia del léxico al uso, es decir, hispánico o más propiamente hispanoárabe se muestra vigorosa [...] Se constata, de hecho, una convivencia pacífica de los dos ámbitos lingüísticos [...] que se entremezclan de la misma manera que Villalpando propone como criterio de su versión del texto serliano [la obra de López de Arenas] da muestra del lenguaje común de artífices menos ocupados - que no desinformados - acerca de los modos italianos». V. también Jose Ramón PANIAGUA SOTO, «El léxico español de arquitectura en el siglo XVI (I): la terminología vitruviana en la traducción del tratado de arquitectura de Sebastiano Serlio por Francisco de Villalpando», en *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, Madrid, Universidad Complutense, 1994, pp. 611-628.

⁷⁶ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, prólogo *AL LECTOR*; Leon Battista ALBERTI, *Los Diez Libros de Architectura de Leon Baptista Alberto*, Madrid, Alonso Gómez, 1582, traducción de Francisco Lozano o Ricardo Zamorano, pp. 5, 6.

⁷⁷ Pedro GALERA ANDREU, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, pp. 96-97.

ESQUINA y RINCON a ANGULO, DESBIO a DISTANÇIA, PLOMO a PERPENDICULAR; en ningún momento encontramos lo «cóncavo» y lo «convexo» de Vandelvira, sino lo CAVADO y lo REDONDO, ni lo «ortogonal», sino lo QUADRADO, ni «radios» sino TIRANTEÇES y CINTRELES.

Esta jerga de las logias es especialmente rica en Aranda; junto a muchos términos conocidos en Vandelvira, tenemos voces de utilización más restringida como AFONAR, ARBOTANTE, BATIDERO, DESBIAR, DESPOXO, DESQUIXO, DIENTE, ENCOXER, ENDULCIR, ENGAVCHIR, EXTENDER, GARROTE, PLANTAR ya sea AL XUSTO o DE QUADRADO, labrar A REGLA Y BORNEO, REPRISON, XUZGO, o ZERAMIENTO, que no entraremos en definir aquí porque tratamos de ellas el Glosario anexo.⁷⁸ Este vocabulario es específicamente canteril, sin préstamos de otros oficios de la construcción; cuando encontramos el mismo término aquí y en la *Carpintería de lo Blanco*, es porque los carpinteros están tratando de materializar una forma típica de la construcción en fábrica como la MEDIA NARANJA, la VUELTA REDONDA o el OCHAVO.⁷⁹

Un problema muy debatido es el de la influencia francesa en el léxico y los métodos de la cantería española.⁸⁰ El léxico castellano de la montea se asemeja al francés en parte, pero sólo en parte; junto a voces de muy probable origen galo como *saltarregla* (de «sauterelle»),⁸¹ *robar* (de «dérober»),⁸² *decenda* (de «descente»), *adulcir* (de «adoucir»), *engauchido* (de «gauche»), *montea* (de «montée»), «painel» (de «anse de panier»),⁸³ *talus* / «talus»⁸⁴, *dobela* / «doyle», «douelle» o «doëlle»,⁸⁵ *bolsor* / «voussure»,⁸⁶ *çercha* / «cherche»,⁸⁷ «baivel» / «buveau»,⁸⁸ encontramos parejas en las que no es fácil decir qué vocablo es el original y cuál el derivado, como *torre*

⁷⁸ V. p. 313 y ss. del Tomo III.

⁷⁹ María de los Ángeles TOAJAS ROGER, «Aportación a la lexicografía española de arquitectura del siglo de oro: Vocabulario de carpintería y de alarifes en Diego López de Arenas», en *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, Madrid, Universidad Complutense, 1994, pp. 673, 677, 681.

⁸⁰ Manuel GÓMEZ-MORENO, *El libro español de Arquitectura*, p. 15.

⁸¹ Para Fernando GARCÍA SALINERO, *Léxico de alarifes de los siglos de oro*, Madrid, Real Academia Española, 1968, p. 206, SALTARREGLA es un vocablo compuesto las voces latinas «saltare» y «regula». Pero la composición se debió de hacer en Francia, porque «sauterelle» es el saltamontes además del instrumento de cantería.

⁸² V. Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 90. Sin embargo, Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, p. 276, traduce por «robbed». Para nosotros el étimo «dérobement» es el principal, aunque se puede admitir la confluencia con ROBAR en el sentido de «sustraer».

⁸³ Fernando GARCÍA SALINERO, *Léxico de alarifes de los siglos de oro*, p. 42 hace derivar CARPANEL de «çarpa», pero también es posible que venga de PAINEL, que hace derivar de «anse de panier»

⁸⁴ Fernando GARCÍA SALINERO, *ibid.*, p. 217 hace derivar el TALUS castellano del francés.

⁸⁵ Fernando GARCÍA SALINERO, *ibid.*, p. 122 la hace derivar del francés dialectal «douvelle».

⁸⁶ Fernando GARCÍA SALINERO, *ibid.*, p. 59, la hace derivar del francés «volsoir».

⁸⁷ Fernando GARCÍA SALINERO, *ibid.*, p. 78, la hace derivar de «cerche» siguiendo a COROMINAS.

⁸⁸ Para Fernando GARCÍA SALINERO, *ibid.*, p. 53, BAIVEL deriva del latín «bivalis».

redonda / «tour ronde», *garabato* / «gabarit»,⁸⁹ *galga* / «jauge»,⁹⁰ *contra hacer* / «contrefaire»,⁹¹ *cinbra* / *cintrel* / «cintre» / «syntre» / «simbleau»,⁹² *viaje* / «biais»⁹³, y términos tan españoles como *abançado*, *batiente*, *batidero*, *cabado*, *capialçado*, *despieço*, *despoço*, *desquixo*, *diente*, *encoxido*, *gaRote*, *a Regla* y *borneo*, o *tirantez*.

Para Barbé estos préstamos son la prueba de la influencia de De L'Orme en España; este razonamiento es prácticamente imposible de confirmar o refutar, porque los dos manuscritos españoles que abordan cuestiones de totemecnia antes de De L'Orme, el de Rodrigo Gil y el de Hernán Ruiz, son muy parcos en el uso de este léxico. Bonet parece optar por una transmisión anterior, en tiempos de Etienne Jamet, escultor originario de Orleans conocido en España como Esteban Jamete, cosa que del mismo modo es imposible advenir o rebatir.⁹⁴ Ante esta situación, la discusión sobre la influencia francesa en la cantería española, la autosuficiencia hispánica o la reciprocidad que postula Pérouse de Montclos debe

⁸⁹ Fernando GARCÍA SALINERO, *ibid.*, p. 122 propone como etimología la voz prerromana «carba», que vale por «rama».

⁹⁰ Fernando GARCÍA SALINERO, *ibid.*, p. 122 la hace derivar del latín «gallicus».

⁹¹ Fernando GARCÍA SALINERO, *ibid.*, p. 86 dice que CONTRAHIZER conserva el sentido de su adjetivo original CONTRECHO, del latín «contractus», contraído, y de ahí el sentido de «modelo reducido». Pero esta etimología explica mal la similitud con el francés «contrefaire» a menos que el término haya pasado del castellano al francés.

⁹² Fernando GARCÍA SALINERO, *ibid.*, pp. 79, 80, hace derivar CINTREL del latín «cincta» y «cinctellum», y dice que la «r» ha entrado en el vocablo por proximidad semántica con «cimbra» o «centro». Pero es que el sentido principal de «cintre» es precisamente el de CIMBRA. A su vez la etimología de CIMBRA es discutida, porque J[uan] COROMINAS, *Diccionario Crítico - Etimológico de la Lengua Castellana*, Berna, Francke, 1959, la hace derivar de «cintre» y GARCÍA DIEGO, cit. por GARCÍA SALINERO, *ibid.*, del latín «cymula».

⁹³ Precisamente para un término central en los *Cerramientos* como es BIAXE proponen Joan COROMINAS, *Diccionario Crítico - Etimológico de la Lengua Castellana*, y Fernando GARCÍA SALINERO, *Léxico de alarifes de los siglos de oro*, p. 42, un posible origen catalán, de «biaix» y occitano, de «biaissar»; tendríamos aquí el reflejo lingüístico del «hogar del Languedoc» del que habla Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, pp. 182, 190-191, 199.

⁹⁴ Antonio BONET CORREA, «Los tratados de monte y cortes de piedra españoles en los siglos XVI, XVII y XVIII», *Academia*, 1989 (ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, p. 111). Sobre Jamete y la cantería, v. también José María de AZCÁRATE, «Sobre el arco de Jamete en la catedral de Cuenca», *Archivo Español de Arte*, 1945, pp. 178-180 y Alfredo J. MORALES, «Tradición y modernidad», en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, p. 187. Sobre su trayectoria, José María CAMÓN AZNAR, *La arquitectura plateresca*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1945, p. 25; Santiago SEBASTIÁN, «Arquitectura», *El Renacimiento*, Madrid, Alhambra, 1980, pp. 40, 43, 44; Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, p. 24. V. también Fernando GARCÍA SALINERO, *Léxico de alarifes de los siglos de oro*, 1968, p. 10, que relaciona los galicismos del siglo XVI con la intensificación de relaciones entre la corte española y la francesa como consecuencia de la paz de Cateau-Cambrésis y el matrimonio de Felipe II con Isabel de Valois. También plantea la posibilidad de una transmisión anterior Fernando MARÍAS, en la reseña de «Tratado de Arquitectura de Alonso de Vandevira», *Archivo Español de Arte*, 1978, p. 187, sin limitarse a la época de Jamete; Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Crucería*, Valladolid, Universidad, 1998, p. 30 menciona los maestros franceses de la catedral de Sevilla en el siglo XV, Isambret, Carlin y Juan Normán.

desplazarse al terreno del léxico arquitectónico, que examinaremos en su momento.⁹⁵

No sólo por este vocabulario recuerda Aranda a la tradición medieval de la cantería. La redacción del manuscrito se asemeja extrañamente a folletos del gótico tardío alemán como el *Buchlein von der fialen Gerechtigkeit* y el *Wimpergbüchlein* de Mathes Roriczer. Comparemos el pasaje donde Roriczer dice

Después haz una línea desde **n** hasta la **e** junto a la **a** y marca una **r**. Haz lo mismo desde **n** hasta **e** y marca una **s** [...] Después abre el compás de la línea **p** a **r**. Después pon el compás en **n** y haz dos partes hacia **p** y marca una **t**. Haz lo mismo desde **n** en la línea **r** [...] ⁹⁶

con este otro de Aranda

tirarás la línea en blanco a que haga ángulo recto con la junta b y tomarás lo que capialza la dicha junta desde el punto c al punto d y este tamaño echarás en la dicha línea en blanco a desde el dicho punto c al punto e y a este dicho punto e tirarás la cara de la dicha planta por lecho [...] después tomarás en la planta el largo de su junta desde el punto c al punto f y este tamaño echarás en la línea B desde el punto h al punto l y teniendo fija la una punta del compás en el dicho punto l abrirás el dicho compás que toque con la otra punta en el punto i y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto f y con la otra circundarás un pedazo de círculo en blanco m ⁹⁷

y este otro

d f r o es el tamaño del pináculo; **a b** es el pináculo; **m l h k i n s** es la plantilla de la jamba; **e f g** es la plantilla del gablete y **h k i** es la plantilla del machón ⁹⁸.

con otro fragmento de Aranda

la distancia que hay entre las líneas B es el diente del dintel que sirve en la montea por la línea C y la línea E es el batiente del capialzado que sirve en la montea por la línea F y la línea G es el lado de la planta que sirve en la montea por la línea H la distancia que hubiere entre las líneas C F es el batiente del dintel donde baten las puertas la distancia que hubiere entre las líneas F H es el capialzo que ha de tener el capialzado la distancia que hubiere entre las líneas H I es el dintel que sirve de testa del dicho capialzado por la parte de adentro ⁹⁹

Desde luego, no hay nada que haga pensar en una influencia directa de Roriczer en Aranda: no se conocen ejemplares de los folletos en las bibliotecas de los arquitectos españoles del siglo XVI, su temática está muy alejada de las preocupaciones de Aranda, y nada en la biografía del maestro indica que conociera

⁹⁵ V. p. 238 del Tomo III.

⁹⁶ Mathes RORICZER, *Büchlein von der fialen Gerechtigkeit*, Ratisbona, 1486, f. 4 v. Ed. y traducción inglesa de Lon R. Shelby en *Gothic Design Techniques*, Carbondale, Southern Illinois University Press, 1977.

⁹⁷ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, pl. 116-117.

⁹⁸ Mathes RORICZER, *Wimpergbüchlein*, f. 1. Ed. y traducción inglesa de Lon R. Shelby en *Gothic Design Techniques*, Carbondale, Southern Illinois University Press, 1977: «**d f r o** jst die gross der plumen **a b** ist die fialen **m l h k i n s** ist das geweng pret **e f g** jst das wimpergen pret **h k i** jst das pfosten bret».

⁹⁹ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, pl. 123.

el alemán. Por tanto se debe entender que estas coincidencias son el reflejo de una tradición didáctica, primero oral y sólo escrita a partir de Roriczer y De L'Orme; a partir de ese momento se le une la notación alfabética de la geometría euclidiana, ausente en Villard de Honnecourt, en los trazados de cantería de Hernán Ruiz o en el libro tardogótico del maestro WG.¹⁰⁰

La voluntad de sistema a la que nos referimos más arriba se pone de manifiesto en la redacción del texto; nada más lejano de los giros castizos de Vandelvira.¹⁰¹ Al decir de Bonet Correa, «su prosa científica tiene la aridez propia de la abstracción matemática».¹⁰² La imagen no puede ser más certera; como en un tratado de geometría, se utilizan una y otra vez las mismas fórmulas rituales: *Para trazar este dicho arco [...] le formarás el arco [...] supongo que quieres sacar la planta por cara [...] formarás la planta por cara como parece entre los puntos [...] de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras y por lechos*. Pocas veces se expresan los mismos conceptos con palabras diferentes, apenas hay redundancias, no hay casi nada que se aparte del objetivo fundamental: exponer el proceso de trazado que ha de servir de base a la labra de las piezas.

Y sólo el proceso de trazado. El instante del manuscrito es básicamente el de la *montea*, cuando el muro ha llegado a la línea de impostas y se traza el arco o capialzado. El momento inmediatamente posterior de la labra apenas se contempla más que en algunos casos. No se explica en ningún momento el fundamento geométrico de las construcciones, como tampoco hacen De L'Orme ni Vandelvira;¹⁰³ hay que considerar que esta ausencia de demostraciones, común por otra parte al culto jesuita Derand, se debe al carácter didáctico del texto, como veremos más adelante.¹⁰⁴

¹⁰⁰ V. esp. Villard de HONNECOURT, *Cuaderno*, f. 39 de la numeración de Omont; en el 63 aparecen unas marcas de cantero, que no hace falta decir que no tienen nada que ver con la notación de la geometría; Hernán Ruiz, *Libro de Arquitectura*, f. 46 r. - 47 r.; en cambio, sí la emplea para otros problemas, como el transferente del f. 45 r.

¹⁰¹ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 75 v.: «mas harto rudo de entendimiento será el que por lo dicho no la entienda y sepa trazar y labrar»; o f. 77 v.: «Ciérrase de la misma manera que un melón».

¹⁰² Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de montea», en Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, p. 25. V. también Fernando CHUECA GOITIA, *Andrés de Vandelvira, arquitecto*, Jaén, Diputación de Jaén, 1971, p. 344 de la ed. de 1995.

¹⁰³ Salvo una rara excepción en Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 61 v.

¹⁰⁴ V. p. 328 y ss.

El destino del manuscrito original

En su estudio preliminar de 1986 Bonet Correa afirmaba al hablar del manuscrito del Servicio Histórico Militar que

también falta la dedicatoria a su protector el cardenal Don Maximiliano de Austria, que en principio se sabe figuraba en el libro escrito por Ginés Martínez de Aranda [...] Por otra parte no se trata de un borrador en letra cursiva ni de un texto cuidadosamente revisado y preparado para la impresión, pues carece de las licencias, loas del autor, censuras y tasas correspondientes que precedían siempre a los originales manuscritos destinados a la publicación.¹⁰⁵

En un artículo posterior de 1989 parece abordar la cuestión de otra forma, al decir que

Resulta difícil saber si Ginés Martínez de Aranda había pensado en su publicación, ya que al presente manuscrito le falta la dedicatoria del tratado que se sabe había hecho a su mecenas y protector el cardenal don Maximiliano de Austria. Ahora bien, este manuscrito tiene un pequeño proemio «Al lector» en el que habla de manera general de la arquitectura [...] ¹⁰⁶

Es decir, la indicación más clara de la eventual intención de Aranda de dar el manuscrito a la imprenta sería la dedicatoria a don Maximiliano; era frecuente dedicar los libros a un protector que sufragara los gastos de la edición. Al faltar la dedicatoria en el manuscrito que conocemos no es posible contrastar la noticia de Martínez Mazas y Ceán, que por otra parte estaban bien informados. Pero pensamos que la idea de un manuscrito destinado a la imprenta puede sostenerse porque otros datos la avalan indirectamente. Fray Laurencio de San Nicolás dice que

Los españoles, a todos es notorio lo pronto, y agudeza de sus ingenios: más de la Arquitectura, como penden de estampa, y ni en España hay quien las abra, no porque no lo sepan, sino por la costa de las planchas, y el valor de abrirlo, había de ser de mucha costa, y esta ataja a los que viven con ansia de escribir; y así dejan mano escritos muchos papeles: yo he visto algunos, particularmente de cortes de cantería, que los hay en España muy curiosos e ingeniosos¹⁰⁷

Uno de esos otros manuscritos podría ser perfectamente el de Aranda; como veremos más adelante, puede rastrearse su influencia, o la de una fuente común, precisamente en San Nicolás.¹⁰⁸ Por otra parte, Barbé considera que las copias

¹⁰⁵ Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», en Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de monte*, pp. 23-24.

¹⁰⁶ Antonio BONET CORREA, «Los tratados de monte y cortes de piedra españoles en los siglos XVI, XVII y XVIII», *Academia*, 1989, ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, p. 112.

¹⁰⁷ Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Segunda parte del Arte y uso de Arquitectura*, s. e., s. l., 1663, p. 155; v. también Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», prólogo a Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de monte*, p. 13.

¹⁰⁸ V. p. 112.

seiscentistas del manuscrito de Vandelvira estaban destinadas a la imprenta;¹⁰⁹ sería impropio que un manuscrito destinado al uso personal o a la formación de aprendices¹¹⁰ fuera más estructurado y exhaustivo. También la mayor limpieza de los dibujos y el tono didáctico apoyan esta hipótesis; pero el dato más concluyente que nos ofrece el propio manuscrito es el proemio titulado *AL LECTOR*. Nadie que no albergue la esperanza, aunque sea remota, de ver su obra en letras de molde comenzaría un cuaderno de uso personal así.¹¹¹

Otra cosa muy diferente es la copia del Servicio Histórico Militar. No sólo faltan en ella licencias, loas, censuras, tasas y dedicatoria; el reducido tamaño, 165 x 120 mm., nos habla esta vez de un volumen de uso estrictamente personal destinado a servir de prontuario, de apuntes para su uso cotidiano a pie de obra, como ya señaló Bonet Correa,¹¹² y no de un manuscrito preparado para la impresión. Este uso práctico de los textos de cantería es precisamente el que explica la ausencia de cualquier demostración o justificación teórica, que nadie espera en un prontuario.

8

La foliación y ordenación de la copia

El manuscrito del Servicio Histórico Militar está foliado consecutivamente desde casi el inicio hasta el final, con números de la misma mano que el texto, por caras y no por hojas, totalizando 250 caras de hoja o *planas*, en la terminología del propio manuscrito. No se numera el proemio *AL LECTOR*, que comprende cuatro planas, y la plana 1 está duplicada, pues figura en la cara donde aparece el rótulo *PRIMERA PARTE DE CERRAMIENTOS Y TRAZAS DE MONTEA*, pero también en la siguiente. A partir de ahí no hay anomalías en esta numeración original, aunque en algunas páginas es difícil de leer o se ha perdido por el corte de los márgenes.

¹⁰⁹ Geneviève BARBE-COQUELIN DE LISLE, «Introducción», en Alonso de Vandelvira, *Tratado de arquitectura*, p. 22; cf. José Carlos PALACIOS, «La estereotomía en el Renacimiento. El Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, p. 99, que defiende que el manuscrito original de Vandelvira no estaba destinado a la imprenta.

¹¹⁰ V. Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, Madrid, Akal, 1996, p. 139.

¹¹¹ Antonio BONET CORREA, «Los tratados de monte y cortes de piedra españoles en los siglos XVI, XVII y XVIII», *Academia*, 1989, ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, p. 112; v. también del mismo autor «Simón García, tratadista de arquitectura», en Simón GARCÍA, *Compendio de Arquitectura y Simetría de los Templos*, Churubusco, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, 1979, ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, p. 180.

¹¹² Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», p. 24; Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, pp. 282-283.

Sin embargo, a partir de la plana 122 de la numeración original aparece en algunas planas una extraña numeración duplicada, de otra mano. En las planas 122, 126, 146, 159, 162, 163, 173, 177, 179, 180 a 184 las dos numeraciones van en paralelo. A partir de la 185 original el segundo foliador pierde el hilo y la numera como 183. En las planas 185 a 192 de la numeración original lleva dos números de retraso. En las 197 a 202 lleva cuatro; de la 205 a la 232 lleva seis; de la 235 a la 249 lleva diez, de forma que termina en la 239. La última plana no lleva numeración, ni original ni duplicada. Existe también una numeración parcial de las figuras, que arranca desde el principio pero sólo llega a la figura 20 en la plana 11. La numeración duplicada no puede deberse a un deseo de sustituir la primitiva perdida en ocasiones por el corte de los márgenes, pues en ocasiones coexisten las dos enteras en la misma página.

Como decíamos más arriba,¹¹³ cada uno de los grupos de trazas que aborda Aranda se halla dividido en familias; siempre se repite un ciclo en el que cada familia comienza con una traza que presenta el problema central de la familia, que se describe de una forma relativamente extensa, con abundante notación. Después van apareciendo variantes que añaden al problema característico otras dificultades, expuestas de forma más sucinta, con referencias a la traza inicial de la familia y con notación más reducida.

Pues bien, este esquema se rompe abruptamente en dos o tres ocasiones, lo que parece indicar que el orden de las *trazas* se ha alterado. Al abordar los *Arcos en talus*, las trazas se ordenan en el manuscrito del Servicio Histórico Militar como *avanzado en talus plano*, *plano viaje por testa*, *plano viaje por cara*, *en talus escarpado*, *escarpado viaje por testa*, *escarpado viaje por cara*. La ordenación es un tanto sorprendente, pues los arcos *en talus escarpado* que corresponden a la forma original de la tipología, con clara función militar, aparecen después de los arcos *en talus plano*, es decir, en desplome, que son una reelaboración posterior alejada ya del carácter castrense de la escarpa.¹¹⁴

La longitud de los textos y la notación confirman estas sospechas. El *Arco en talus escarpado* ocupa veintiocho líneas, y la notación llega hasta la F, el 9 y la H, mientras que el *Arco avanzado en talus plano* se resuelve en doce renglones, llegando hasta la C y el 8, sin usar minúsculas. Por tanto, parece probable que la serie de los seis arcos *en talus* se iniciaría en el manuscrito original con el *Arco en talus escarpado*; dada la estructura rígida de la obra, lo lógico sería continuar con

¹¹³ V. p. 97 y ss.

¹¹⁴ V. p. 159 del Tomo II. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que en Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 23 v., aparece un «Arco avanzado a regla», equivalente como su nombre indica al *Arco en talud plano* de Aranda.

escarpado viaje por testa, escarpado viaje por cara, plano, plano viaje por testa, plano viaje por cara.

Algo parecido sucede con los arcos abocinados *en torre redonda* y *en torre cavada*. Los arcos *en torre redonda* y *en torre cavada* propiamente dichos, esto es, los abiertos en paramentos convexos y cóncavos, figuran en las planas 19 a 33 del manuscrito; a continuación figuran tres arcos abocinados en paramentos planos, de la 33 a la 38; en las planas 38 y 39¹¹⁵ aparece por primera vez un arco que aborda una combinación de las dos dificultades, el abocinamiento y el paramento cóncavo. Desde ese momento no aparecen arcos abocinados *en torre*, ni *cavada* ni *redonda*, hasta que en la plana 103 nos encontramos con el *Arco abocinado en torre cavada* y a continuación tres más de la misma familia.

Su lugar natural estaría en la plana 38, antes del *Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada*, por dos razones: Aranda coloca los arcos *en torre redonda contra cuadrado* y *en torre cavada contra cuadrado* antes que los *en torre redonda contra torre cavada* y no hay motivo para que en las variantes abocinadas no pase lo mismo. Pero además el *Arco abocinado en torre cavada*, planas 103 a 105, se explica por extenso, prácticamente en dos planas completas sin contar dibujos, utilizando letras mayúsculas hasta la H, letras minúsculas hasta la t y números hasta el 11; mientras que en los arcos *en torre cavada abocinado en viaje por cara y por testa*, *abocinado en torre redonda* y *en torre redonda abocinado en viaje por cara y por testa*, planas 105 a 109, se describen remitiendo al *Arco abocinado en torre cavada* con una extensión aproximada de media plana, sin contar dibujos, para cada uno de ellos y usando únicamente letras mayúsculas que siempre llegan a la E; lo mismo sucede en el *Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada*, plana 38, excepto que no hay referencia al *Arco abocinado en torre cavada*.

Ante estas dos series de arcos aparentemente desordenadas, cabe plantear una hipótesis, aunque hoy por hoy no se puede probar de forma indiscutible: Aranda no incluye en un primer momento, por distracción o deliberadamente, estos cuatro arcos, cuyo lugar natural estaría entre los arcos abocinados en paramentos planos y el *Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada*; a punto de terminar la parte del manuscrito que versa sobre arcos, cae en la cuenta de su olvido y los coloca en el último lugar entre los arcos, seguidos tan solo por los *corredores* formados a base de arcos. Algo similar podría explicar la ordenación de los arcos *en talus escarpado*.

Suponer por el contrario que la copia fue desmembrada y vuelta a encuadernar no es verosímil por varias razones: el manuscrito del Servicio Histórico Militar no

¹¹⁵ V. p. 87 del Tomo II y ss.

El Correo de Puente y Juez y mil quinientos
 Impreso en Madrid por Juan Muñoz
 año de 1780

La Cuenta es Juzgada Con fran^{co} el
 Bo de Gonxo asta el día 11 de enero de 1807
 es como sigue

1 ^a partida	- - - - -	638
2 ^a partida	- - - - -	575
3 ^a partida	- - - - -	548
4 ^a partida	- - - - -	691
5 ^a partida	- - - - -	808
6 ^a partida	- - - - -	801
7 ^a partida	- - - - -	800
8 ^a partida	- - - - -	471
9 ^a partida	- - - - -	524½
	<u>g.</u>	<u>5859½</u>
	<u>R.</u>	<u>689</u>

Figura 43. Notas en Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl.292, 294.

Vita obra manuscrita de "Cerramientos y trazas de Montea" de Ginés Martínez de Aranda, arquitecto; la compra por 20 reales el Capitan Gueroza, en el puesto de libros de Doctores, para la Biblioteca del Museo de Ingenieros, en Setiembre de 1855—

Figura 44. Nota en Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl.ii.

presenta señales de haber sufrido esta alteración; la disposición del texto la hace muy difícil, pues pocas *trazas* comienzan con página nueva; y si el original o el manuscrito del que copiaba Aranda fue desmontado, no es normal que el propio Aranda no advirtiera esta alteración.

En cualquier caso, y dado que esta cuestión no puede darse por cerrada, se ha optado por ordenar las *trazas* tal como aparecen en el manuscrito que conocemos y usar a todos los efectos la numeración original, máxime teniendo en cuenta que el texto contiene numerosas referencias internas basadas en esta numeración; por otra parte, dado el carácter embrionario de la numeración de las figuras, no se utiliza en ningún caso y las referencias a los dibujos se hacen siempre por el número de la plana que los incluye.

9

Los poseedores posteriores del manuscrito

Sabemos que a la muerte de Aranda dos libros de arquitectura manuscritos pasaron a manos de su viuda, María de Morales. Como apuntaba Fernando Marías, es posible que de ella pasaran a su vez a Juan de Aranda Salazar, el huérfano, el miembro más brillante de la familia junto con Martínez de Aranda.¹¹⁶ En cualquier caso, heredó el léxico, pues enseñaba a sus alumnos *trazas de monteá*. También pasó la terminología al discípulo de Aranda Salazar, Eufrasio López de Rojas, que antes de morir su maestro ya poseía libros de *cerramientos* y que aumentó su biblioteca comprando libros a los herederos del maestro mayor de Jaén.

Además de las notas que dan como autor a Alberto de Churriguera y como poseedor a Joseph, hay una tercera nota en la misma hoja, que recoge el título del libro «El Gobernador prudente y Juez Ynstruido», impreso en Madrid en 1730.¹¹⁷ En otras hojas aparecen tres notas: una de ellas, fechada en 1808 incluye lo que podría ser una lista de operarios y una frase sobre «clabos», «vellotes», «vellotillos» y «chilla». La segunda, de Enero de 1809 habla de una cuenta por partidas ajustada con «Fco. el Bodegonero». La tercera es la más clara, pues habla de «machones».

¹¹⁶ Fernando MARÍAS, reseña de *Cerramientos y trazas de monteá* en *Archivo Español de Arte*, 1988, p. 329. V. también Pedro GALERA ANDRÉU, *Arquitectura de los siglos XVII y XVIII en Jaén*, p. 110: a la muerte de Aranda Salazar quedó «cierta cantidad de libros, papeles y otros instrumentos tocantes al arte de Arquitectura».

¹¹⁷ Se trata de Giuseppe MANNIA, *El Gouvernador prudente, y juez instruido: documentos generales y particulares / que escriuió en toscano... Joseph Mannia; y traduze en castellano... Francisco Antonio Capochio y Ramirez... ; diuididos en dos partes...*, Madrid, Juan Muñoz, 1730.

Comparando la letra de estas tres notas con la que habla de «El Gobernador prudente y Juez Ynstruido», se pueden identificar la G mayúscula, J mayúscula, y d minúscula del «Gobernador» y la primera nota posterior; la G mayúscula, d minúscula y número 7 del «Gobernador» y la segunda nota posterior; y la M mayúscula del «Gobernador» con la tercera de las guardas posteriores. Para nosotros, la conclusión es clara: las cuatro notas son de una misma mano y de principios del siglo XIX, aunque citen un libro anterior. Su autor no debió de ser un albañil cualquiera, sino un arquitecto o al menos un maestro de obras medianamente culto, aunque las dificultades de los tiempos le obligaran a encargarse de obras ínfimas.¹¹⁸

La siguiente indicación nos la da otra nota en las guardas anteriores, según la cual

Esta obra manuscrita de «Cerramientos y trazas de Montea» de Ginés Martínez de Aranda, arquitecto; la compra por 20 reales el Capitan Quiroga, en el puesto de libros de Dochao, para la Biblioteca del Museo de Ingenieros, en Setiembre de 1899.

La nota es interesantísima porque permite seguir las vicisitudes del manuscrito y fijar en 1899 el momento de su entrada en la Biblioteca del Museo de Ingenieros, después Biblioteca de Ingenieros del Ejército, de donde pasó a la del Servicio Histórico Militar donde hoy se conserva. Así, recopilando los datos de este punto, los tenedores ciertos o probables del primer manuscrito y de la copia del Servicio Histórico Militar son Ginés Martínez de Aranda, María de Morales, Juan de Aranda Salazar, Eufasio López de Rojas, un maestro de obras anónimo activo en 1808, el librero de viejo Dochao, el capitán Quiroga y la Biblioteca del Museo de Ingenieros, después integrada en la del Servicio Histórico Militar.

10

Aranda y los textos de cantería de la época barroca

Dado que los *Cerramientos* no llegaron a la imprenta, su influencia no pudo ser amplia; sin embargo, toda una línea de la cantería española muestra vínculos evidentes con Rojas y Aranda. En primer lugar, encontramos en el *Arte y uso de Arquitectura* de Fray Laurencio de San Nicolás una pieza muy semejante a la

¹¹⁸ Para otra visión del tema, v. Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de montea», prólogo a Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea.*, pp. 23-24: «Un poseedor, ya en el siglo XIX, en 1808 y 1809, no encontró un mejor sitio para hacer sus cuentas que las últimas páginas en blanco del volumen. Otro, a mediados del siglo XVIII, en una de las guardas anotó una referencia a un libro - *El Gobernador Prudente y Juez instruido* - de carácter jurídico».

Puerta por esquina capialzada de arco contra capialzado por rincón de arco, junto a otras varias que pueden relacionarse tanto con Aranda como con Vandelvira.

Manuel Gómez-Moreno y Geneviève Barbé vinculaban el *Cuaderno de Arquitectura* de Juan de Portor y Castro con Alonso de Vandelvira, antes de la edición de 1986 de los *Cerramientos*.¹¹⁹ Hoy se puede considerar, sin ningún género de dudas, que la relación de este texto con Rojas, y sobre todo con Martínez de Aranda, es mucho más clara. Encontramos aquí un correlato del *Arco viaje contra cuadrado por testa*, que por su sencillez sólo exponen Hernán Ruiz, Aranda y Portor; el inconfundible segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*, la aportación de Rojas que recogen Aranda, Alonso de Guardia y Portor y que viene a ser la seña de identidad de esta línea de la tomotecnía hispana; el *Arco abocinado*, otra marca de esta línea, que Vandelvira no expone quizá por considerarlo muy simple, y para el que Portor adopta la solución de Aranda, más evolucionada y económica que la de Rojas; todo un catálogo de *trazas* de esta familia como el *Arco abocinado en viaje por testa*, el *Arco abocinado viaje por cara*, el *Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada* en dos versiones, el *Arco abocinado en torre cavada*, y el *Arco abocinado en torre redonda*; otra pieza típicamente arandina, el *Capialzado abocinado en vuelta con sus despiezos*; equivalentes del *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa* y el *Capialzado por rincón para una puerta por esquina* y la *Puerta por esquina capialzada de arco contra capialzado por rincón de arco*. Resulta interesante observar que en ocasiones Portor adopta las mismas soluciones que Aranda, pero en otras las desarrolla; por ejemplo, simplifica el *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda* y toma como superficie de intradós un plano, lo que le lleva a una testa alta en arco muy rebajado. En otras ocasiones la semejanza se da a un nivel más bajo: el «Caracol volado en una caja redonda» de Portor se relaciona con el *Caracol exento alrededor de un macho redondo capialzado en circunferencia* de Aranda no por la tipología de la pieza, que es justamente la inversa, sino por el peldañado prácticamente idéntico.

El mismo Portor nos da una indicación clara acerca del camino por el que pudo conocer los *Cerramientos*, pues al comentar el «Caracol volado de ojo redondo en una planta cuadrada» dice:

¹¹⁹ Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708 (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114); Manuel GÓMEZ-MORENO, *El libro español de Arquitectura*, Madrid, Magisterio Español, 1949, pp. 14-15; Geneviève BARBE-COQUELIN DE LISLE, «Introducción», en Alonso de VANDELVIRA, *Tratado de arquitectura*, pp. 30-32. Sin embargo, una extraordinaria intuición llevó a Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia en el siglo XVII*, p. 425, a hacer gallego a Portor y a Geneviève BARBE-COQUELIN DE LISLE, *ibid.* p. 31, a citar a Aranda en relación con Portor, sin conocer el texto de los *Cerramientos*.

Que te prometo es una traza esta de estos caracoles muy grave que por lo menos yo estoy muy pagado. Que aunque no es traza que se ofrezca muchas veces ocasión para ejecutarla, es traza para valerse de ella en una oposición. Como ya ha sucedido porque fue una de las trazas que valieron a un Maestro mayor en la Santa Iglesia de Granada, Juan de Aranda Salazar en la oposición que tuvo con el maestro Bartolomé de Lechuga en dicha Iglesia de Granada.¹²⁰

Si Portor está «muy pagado» de conocer una de las *trazas* que llevaron a Juan de Aranda y Salazar a la victoria en una oposición frente a Bartolomé Fernández Lechuga en la década de 1630,¹²¹ no es aventurado relacionar a Portor con Aranda Salazar o sus descendientes. Pero además hay que tener en cuenta que el «Caracol volado de ojo redondo en una planta cuadrada» se relaciona claramente por el tipo de peldañado con el *Caracol exento alrededor de un macho redondo capialzado en circunferencia* de los *Cerramientos y trazas de montea*,¹²² pero difiere de éste al ser de planta cuadrada. Por tanto, parece tratarse de una reelaboración de Aranda y Salazar de una *traza* de los *Cerramientos*; quizá sucede lo mismo en otras trazas del *Cuaderno* de Portor que recuerdan los métodos de Aranda pero no tienen un correlato exacto en los *Cerramientos*.

Otro texto en el que encontramos muchos «cortes» presentes en los *Cerramientos* es la *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría para un perfecto arquitecto*, de Juan García Berruguilla, «El Peregrino», publicada en Madrid en 1747 y dividida en seis tratados: Aritmética, Geometría, trazado y medición de arcos y bóvedas, cortes canteriles, armaduras, y reglas para los estribos de los arcos. Por el tono general y por la completa ausencia de cualquier mención al lenguaje de los órdenes, parece que el volumen está destinado, más que a los arquitectos, a los maestros de obras, a los que se dirige García Berruguilla como «Hermanos míos» al final del libro.¹²³ Centrándonos en el cuarto tratado, dedicado a la cantería, se relacionan claramente con Aranda un «Arco por esquina» que equivale al *Arco por esquina y rincón desquijado*; un «arco abocinado, que encuentre el cóncavo de una torre cóncava» o en palabras de Aranda *abocinado en torre cavada*; y un «arco a regla, y escarzano por adentro, el cual encuentra cóncavo de una torre redonda», es decir, el *Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre cavada* de Aranda.¹²⁴ Encontramos una prueba del inmovilismo de la cantería española en los siglos XVII y XVIII al comprobar que García Berruguilla repite errores que Aranda estaba comenzando a superar, como tomar verdaderas

¹²⁰ Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 22. (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms 9114, f. 31, según la numeración superior).

¹²¹ Juan de Aranda Salazar pedía recomendaciones para la catedral de Granada en 1631 y en 1635 era maestro mayor; v. Pedro GALERA ANDRÉU, *Arquitectura de los siglos XVII y XVIII en Jaén*, p. 109.

¹²² V. p. 217 del Tomo III.

¹²³ Juan GARCÍA BERRUGUILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, Madrid, Francisco Mojados, 1747, p. 132.

magnitudes de un alzado construido en un plano ideal que luego se proyecta sobre una superficie cóncava.¹²⁵

¹²⁴ Juan GARCÍA BERRUGUILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, pp. 103, 105.

¹²⁵ V. p. 239 y ss. del Tomo II, y 130 y ss. del Tomo III.

Capítulo 4

INSTRUMENTOS Y MÉTODOS DE TRAZA

1

La escala y el soporte

El manuscrito del que nos venimos ocupando versa sobre *trazas de monte*, pero tanto *trazas* como *montea* son en el castellano del siglo XVI términos polisémicos. Marías ha puesto de manifiesto que en aquella época se utilizaban al menos tres clases de *trazas* bien diferentes: planos generales en papel a escala pequeña, trazados a tamaño natural de la planta de un edificio y trazados de detalle de piezas de cantería en el suelo o la pared, también a escala uno es a uno.¹ Por otra parte, *montea* quiere decir alzado o altura de una pieza, pero también equivale a las *trazas* de piezas de cantería a tamaño natural realizadas en el suelo o la pared y al mismo tiempo al propio arte de la cantería. Parece existir una relación especial entre la cantería y las *trazas* a tamaño natural; en el siglo XVI esa relación se daba por sentada hasta tal punto que no se expresa con carácter general. Es necesario llegar hasta el siglo XVIII, cuando las *trazas* a tamaño natural, las «*épures*» francesas, ven su campo de aplicación cada vez más reducido ante el empuje de los dibujos en papel, para encontrar una mención clara a su empleo como método general y característico de la cantería:

[...] para trazar las piedras, se traza de antemano una monte, que no es otra cosa que la planta de una bóveda trazada **tan grande como la obra**, sobre un área o superficie plana por medio de la cual, junto con los perfiles, se encuentran los arcos y cerchas necesarias, tanto en planta como en alzado, para construir las plantillas de testa, de intradós, de lecho y de trasdós.²

¹ Fernando MARÍAS, «Trazas, trazas, trazas. Tipos y funciones del diseño arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 352-353.

² Jean-Baptiste de LA RUE, *Traité de la coupe des pierres où par méthode facile et abrégée l'on peut aisément se perfectionner en cette science*, París, Imprimerie Royale, 1728, p. 1: «pour parvenir à tracer les Pierres, on trace auparavant une épure, qui n'est autre chose que le Plan d'une Voute tracé aussi grand que l'ouvrage, sur un aire ou superficie droite, par le moyen duquel & des profils on trouve les arcs & cherches nécessaires, tant en plan qu'en elevation pour construire les Panneaux de Teste, ceux de Doüelle, de Joint & d'Extradós». V. también Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, Estrasburgo-París, Jean Daniel Doulsseker-L. H. Guerin, 1737-1739 t. I, p. 269 y ss. (Ed. facsímil, Nogent-le-Roi, L. A. M. E., 1980); Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Madrid, Joaquín Ibarra, 1779-1787, Tomo IX, parte 1, p. 397 (Ed. facsímil del Tomo IX, parte I, *De la Arquitectura Civil*, Murcia, Colegio de Arquitectos Técnicos, 1983); José Carlos PALACIOS, «La estereotomía de la esfera», *Arquitectura*, 1987, pp. 59-60, y para la aplicación del sistema en nuestros días, V. ALADENISE, *Taille de*

Surgen entonces varios interrogantes. ¿Cuál es, entonces, el objeto de las *trazas* de cantería en papel? ¿Por qué se hace en el suelo y a tamaño natural lo que se puede hacer más cómodamente en papel y a escala? Responder a esta cuestión exige un repaso al papel que han desempeñado históricamente un tipo y otro de *trazas*.

En la Alta Edad Media, la primera fase del proceso de diseño era la «opus in mente conceptum» o «cogitatio»; el plano se concebía en la mente del arquitecto, que lo trazaba directamente sobre el terreno, siguiendo una costumbre antigua.³ En la Antigüedad y en la Edad Media, la antiquísima práctica de replantear de los cimientos de un edificio⁴ tiene un carácter ritual que excede con mucho a lo puramente técnico: según la leyenda, el papa Liberio marca con una azada sobre la nieve milagrosamente caída el plano de Santa María la Mayor de Roma; Giraud le Cambrien ve en sueños al hijo del rey trazar el plano de una iglesia sobre el suelo.⁵

Los planos de construcciones concretas a escala sobre soporte flexible, usados en Egipto y Roma,⁶ reaparecen hacia mediados del siglo XIII, con el cuaderno personal de Villard de Honnecourt y el palimpsesto de Reims, y se van extendiendo poco a poco.⁷ Conocemos un buen número de dibujos arquitectónicos en papel o pergamino de la Baja Edad Media, pero todavía existen

pierre, technologie, p. 48 de la ed. de 1991, y AA. VV., *Guía práctica de la cantería. El trabajo de la piedra*, León, Escuela Taller de Restauración 'Centro Histórico', 1993, p. 197, 210.

³ V. Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, París, 1953, pp. 86-90 de la ed. de 1973; Robert BRANNER, «Villard de Honnecourt, Reims and the origin of gothic architectural drawing», *Gazette des Beaux-Arts*, 1963, pp. 129, 130; Lon R., SHELBY, «Medieval mason's tools: compass and square», en *Technology and culture*, 1965, p. 243; Spiro KOSTOF, «El arquitecto en la Edad Media, en Oriente y Occidente», p. 78 de la trad. española; François BUCHER, «Design in Gothic Architecture. A preliminary assessment», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1968, pp. 49-71; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, Tesis doctoral, Universidad de Princeton, 1984, p. 80; José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, Sevilla, Universidad de Sevilla, 1987, pp. 26, 122; Werner MÜLLER, «Le dessin technique a l'époque gothique», en Roland Recht, ed., *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, Strasbourg, Editions Les Musées de la Ville de Strasbourg, 1989, p. 237; Roland RECHT, *Le dessin d'architecture. Origine et fonctions*, París, Adam Biro, 1995, p. 27; y para el Renacimiento español, Fernando MARÍAS, «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, Paris, Picard, 1991, p. 254.

⁴ V. José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, pp. 57-58. 69.

⁵ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 87 de la ed. de 1973; v. también Christian VANDEKERCHOVE, «L'iconographie medievale de la construction», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, pp. 73 y 78; y Lino CABEZAS GELABERT, «'Ichnographia', la fundación de la arquitectura», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1992, p. 84.

⁶ José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, pp. 65-69, 157-168, 220-221.

⁷ VILLARD DE HONNECOURT, *Cuaderno*, lám. 19, 31, 60, 61, 62, según la numeración de Omont.

V. Wolfgang SCHÖLLER, «Le dessin d'architecture a l'époque gothique», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, Strasbourg, Editions Les Musées de la Ville de Strasbourg, 1989, pp. 227 y 229; señala que el conocido plano altomedieval de Sant-Gallen está realizado con una técnica que se empleaba en las miniaturas de la época y es evidente que no puede considerarse como un dibujo de trabajo preciso.

fuertes dudas sobre el papel que jugaban en la obra. Una cuestión fundamental y muy debatida es en qué medida los dibujos que conocemos eran meros dibujos de presentación, destinados únicamente a obtener la aprobación del cliente y a buscar financiación o si además se usaban como nuestros planos de obra, obteniendo de ellos medidas para replantar en obra [45, 46]. Se admite generalmente que estos dibujos cumplen tres funciones: obtener la aprobación del cliente, hacer las veces de documento contractual para fijar las obligaciones del ejecutor o hasta del arquitecto y actuar como plano de obra del cual se extraen las dimensiones de los elementos de la fábrica y sirve de base para el replanteo.⁸ Pero hay grandes desacuerdos en la mayor o menor antigüedad de estos usos y su importancia relativa.

Para Colombier, los extraordinarios alzados de la catedral de Estrasburgo estaban destinados únicamente a dar una idea aproximada de lo que se había de hacer; disponemos de muchos alzados y pocos planos, casi ninguno de los dibujos está realizado a una escala exacta, - aunque esto puede depender de las medidas locales empleadas - ninguno parece haber sido llevado a la realidad exactamente, y ninguno es una proyección diédrica correcta, aspecto que ha sido desarrollado por Sanabria en detalle en un artículo sobre un dibujo de la iglesia del monasterio toledano de San Juan de los Reyes y que impediría su empleo en una arquitectura tan basada en el detalle como la del gótico tardío. También se ha planteado que una de las razones para esta escasez de dibujos es el precio del pergamino, que en un primer momento se reserva para los planos generales; cuando baja en el siglo XIV comienzan a ser más frecuentes los planos tanto de conjunto como de detalle.⁹ El razonamiento es verosímil, porque son relativamente abundantes los planos a escala trazados en suelos y paredes, como los muy antiguos de Jervaulx y Bylands,

⁸ Spiro KOSTOF, «El arquitecto en la Edad Media, en Oriente y Occidente», en *The Architect. Chapters in the history of the profession*, pp. 78-79, 90 de la trad. española; Roland RECHT, *Le dessin d'architecture*. pp. 13-14.

⁹ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, París, 1953, pp. 86-90 de la ed. de 1973; Fernando CHUECA GOITIA, *Historia de la Arquitectura Española*, Madrid, Dossat, 1965, pp. 602-603; Lon R. SHELBY, «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», *Speculum*, 1964, pp. 390-391, y «Medieval masons' templates», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1971, pp. 141-142; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the gothic mensuration system*, pp. 58-78, y «A Late Gothic Drawing of San Juan de los Reyes in Toledo at the Prado Museum in Madrid», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1992, pp. 161-173; José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, pp. 268-280; Werner MÜLLER, «Le dessin technique a l'époque gothique», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, pp. 237, 240-245; Roland BECHMANN, «Les dessins techniques du Carnet de Villard de Honnecourt», en *Carnet de Villard d'Honnecourt*, París, Stock, 1986 (Tr. española de Yago Barja de Quiroga, *Villard d'Honnecourt. Cuaderno*, Madrid, Akal, 1991, p. 53), y *Villard de Honnecourt*, pp. 55-56; Roland RECHT, *Le dessin d'architecture*, pp. 27, 31-34, 38-41, 57, 63; y pp. 205 y ss. de este trabajo; para el Renacimiento francés, v. Catherine GRODECKI, «Les chantiers de la noblesse et de la haute bourgeoisie dans la région parisienne d'après les archives notariales (1540-1600)», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 136.

las múltiples rosas, entre las que tendremos ocasión de referirnos a la de León, uno trazado en la pared cóncava de una escalera de caracol de la Liebfrauenkirche de Tréveris que representa toda la iglesia, o incluso otro dieciochesco en la cartuja jerezana de la Defensa, en la que había trabajado Aranda.¹⁰ Otro obstáculo para la utilización de planos como elementos operativos es la disparidad de medidas de unas regiones a otras y la inexistencia de cotas en dibujos de arquitectura hasta el Trecento sienés.¹¹

Esta posición mayoritaria ha sido discutida por Bucher, que ha defendido que la gran mayoría de los dibujos bajomedievales de arquitectura son de una manera u otra planos de obra, hasta tal punto que Shelby ha reconocido que su posición anterior era algo exagerada, aunque sin renunciar a ella en lo esencial;¹² Toker ha puesto de manifiesto cómo las condiciones y los planos acotados permiten separar el diseño de la ejecución en el siglo XIV italiano.¹³ Todo parece indicar que la solución debe encontrarse en algún punto a medio camino entre estas dos

¹⁰ VILLARD DE HONNECOURT, *Cuaderno*, lám. 30-31 de la numeración de Omont; Robert BRANNER, «Villard de Honnecourt, Archimedes and Chartes», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1960, pp. 93-94; François BUCHER, «A rediscovered tracing by Villard de Honnecourt», *Art Bulletin*, 1977, pp. 315-318; Peter J. FERGUSSON, «Notes on two engraved cistercian drawings», *Speculum*, 1979, pp. 1-17; Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, pp. 127-130 de la ed. de 1993; Francisco PINTO y Alfonso JIMÉNEZ, «Montañas en la Catedral de Sevilla», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1992, p. 79. Como otros medios gráficos, esos trazados a escala sobre soporte pétreo también eran conocidos desde la Antigüedad; v. José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Trazo y simetría de la arquitectura*, pp. 72, 286.

¹¹ Paul FRANKL, «The secret of the Medieval Masons», *Art Bulletin*, 1945, p. 49; Eugenio BATTISTI, «Innovadores y conservadores en la catedral de Milán», *Actas del Congreso Internacional sobre la Catedral de Milán*, 1968 (Ahora en *In luoghi d'avanguardia antica*, Reggio Calabria, Casa del Libro, 1981. Tr. española de Juan A. Calatrava, *En lugares de vanguardia antigua*, Madrid, Akal, pp. 20-21; Franklin TOKER, «Gothic architecture by remote control: an illustrated building contract of 1340», *Art Bulletin*, 1985, pp. 72, 84, 86, señala la existencia de cotas en el dibujo de una catapulta de Villard de Honnecourt y en los planos de un reloj astronómico en el monasterio de St. Albans hacia 1330, pero el ejemplo de Villard no es concluyente porque se trata únicamente de tres números, no es fácil saber qué medidas acotan y desde luego, no se puede hablar de un sistema de cotas que defina íntegra e inequívocamente la catapulta o trabuco a una cierta escala como se hará en el siglo siguiente; Roland BECHMANN, «Les dessins techniques du Carnet de Villard de Honnecourt», en *Carnet de Villard de Honnecourt*, París, Stock, 1986 (Tr. española de Yago Barja de Quiroga, *Villard de Honnecourt. Cuaderno*, Madrid, Akal, 1991, p. 47); *Villard de Honnecourt*, pp. 258-259; Valerio ASCANI, «Le dessin d'architecture medieval en Italie», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, pp. 268-269, 272-273; Robert MARK, «Introduction», en *Architectural Technology up to the Scientific Revolution*, Cambridge, Mass., MIT Press, 1993, p. 11.

¹² François BUCHER, «Design in Gothic Architecture. A preliminary assessment», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1968, pp. 50, 55, 70; Lon R. SHELBY, «Medieval masons' templates», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1971, pp. 141-142.

¹³ Franklin TOKER, «Gothic architecture by remote control: an illustrated building contract of 1340», *Art Bulletin*, 1985, pp. 70, 72, y esp. 84: «The Sansedoni elevation [de 1340] bears all the hallmarks of the modern blueprint: an orthogonal elevation, scale, measurements, and accompanying notes. Yet it would not qualify today as a working drawing. It is not totally self-sufficient as a building guide, since it lacks detailed window tracery and blown-up sections of stringcourse profiles [...]» V. también Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, pp. 55-56.

Figura 45. Villard de Honnecourt, Cuaderno, f. 61.

Figura 46. Juan de Herrera. Detalles de las torres de la basílica y el patio de los Evangelistas de El Escorial.

*Figura 47. Cosimo Bartoli, ilustración para
De Re Aedificatoria, de Leon Battista
Alberti.*

posturas. A lo largo de los siglos del gótico se va pasando del uso exclusivo de dibujos de presentación en papel a la presencia cada vez más frecuente de planos de obra acotados, que alcanzan una difusión importante en el Renacimiento.¹⁴ En el área ibérica el proceso es lento; las primeras trazas en papel que conocemos son de 1345, las de Antonio Guasch para la catedral de Tortosa. A lo largo del siglo XV se van generalizando poco a poco, pero en este primer momento aparecen como dibujos de conjunto más que de detalle.¹⁵

Aunque existan planos generales en papel o pergamino, desde la mitad del siglo XII comenzamos a encontrar trazados sobre el suelo o la pared a escala natural, sobre todo para resolver elementos de pequeña y media escala, que por otra parte ya eran conocidos en la Antigüedad griega y romana;¹⁶ incluso en el Renacimiento los dibujos de detalle no son ni mucho menos tan abundantes como en una obra moderna, con la significativa excepción de la fábrica escurialense.¹⁷ Trazados y no meros replanteos: se realizan a escala natural todas las construcciones necesarias para obtener la figura.¹⁸ Como es lógico la gran mayoría

¹⁴ Esta posición intermedia era ya la de Robert BRANNER, que si en «Drawings from a thirteenth-century architects' shop: the Reims palimpsest», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1958, pp. 18-19, deja bien claro que los dibujos del palimpsesto de Reims no parecen haber sido ejecutados, sí señala que los llamados Strasbourg B y C «were [...] intended [...] to serve as guides for actual construction», y en «Villard de Honnecourt, Reims and the origin of gothic architectural drawing», *Gazette des Beaux-Arts*, 1963, pp. 138-141, habla de «project drawings», no de «presentation drawings», pero tampoco de «working drawings». V. también la posición más matizada de Lon R. SHELBY en «Medieval mason's tools: compass and square», en *Technology and culture*, 1965, p. 242; la de Franklin TOKER, «Gothic architecture by remote control: an illustrated building contract of 1340», *Art Bulletin*, 1985, p. 70, y en el ámbito ibérico, Antonio CASTRO VILLALBA, *Historia de la construcción medieval. Aportaciones*, Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, 1996, p. 149, que habla de «dibujos proyectuales».

¹⁵ Leopoldo TORRES BALBÁS, *Arquitectura Gótica*, Madrid, Plus Ultra, 1952, p. 207; Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, p. 97; «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 254.

¹⁶ Peter J. FERGUSSON, «Notes on two engraved cistercian drawings», *Speculum*, 1979, p. 5; José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, p. 124-128, 168-170, 280-290.

¹⁷ V. Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, París, B. Bauge, 1854, t. IX, p. 197; Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 87, 90 de la ed. de 1973; Robert BRANNER, «Villard de Honnecourt, Reims and the origin of gothic architectural drawing», *Gazette des Beaux-Arts*, 1963, pp. 132-135; Lon R. SHELBY, «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», *Speculum*, 1964, p. 401; Spiro KOSTOF, «El arquitecto en la Edad Media, en Oriente y Occidente», en *The Architect. Chapters in the history of the profession*, p. 95 de la trad. española; Catherine WILKINSON, «The new professionalism in the Renaissance», *ibid.*, pp. 141-143; Francisco Javier JIMENEZ ZORZO, et al., «El Estudio de los signos lapidarios y el Monasterio de Veruela: (Ensayo de una metodología de trabajo)», *Seminario de arte aragonés*, 1986, pp. 47, 53; Wolfgang SCHÖLLER, «Le dessin d'architecture a l'époque gothique», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, pp. 227, 234-235; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 15-16; Roland RECHT, *Le dessin d'architecture*, p. 38; Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, Memoria de oposición a la Cátedra de Geometría Descriptiva, Universidad Politécnica de Madrid, 1997, pg 59.

¹⁸ Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, p. 53 de la ed. de 1993.

de esos trazados, realizados sobre capas de yeso o barro,¹⁹ desaparecieron inmediatamente, pero afortunadamente disponemos de algunos en Châlons-sur-Marne, Chartres, Soissons, Limoges, Clermont - Ferrand, Narbona, Moulins, Auxerre, Estrasburgo y Reims,²⁰ en el monasterio de York que hace funciones de catedral, y en la de Wells;²¹ en la iglesia de la Merced de Sanlúcar de Barrameda, vinculada a Juan de Oviedo y de la Bandera, que trabajó en ella junto a Alonso de Vandelvira y, ya de finales del siglo XVIII, en la iglesia de Castaño del Robledo.²² Aunque menos frecuentes que en el suelo, también se realizaban trazados en la pared, como los de San Francisco de Trogir, los de la cripta de la Roslin Chapel en el condado escocés de Midlothian o los arcos formeros de Vandelvira; también recomienda esta práctica el fabriquero de la catedral de Santiago de Compostela José Vega y Verdugo.²³ En los pináculos de la catedral de Sevilla se han encontrado trazados sencillos realizados sobre la propia pieza.²⁴ En 1451 se compran para la obra de la capilla de los Reyes del convento valenciano de Santo Domingo cuatro cahíces y medio de yeso «per fer mostres de la volta de la capella», lo que posiblemente se refiere al enyesado de la superficie donde se habían de realizar las

¹⁹ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 90, 98-99 de la ed. de 1973; Lon R. SHELBY, «Medieval masons' templates», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1971, p. 143; François BUCHER, «A rediscovered tracing by Villard de Honnecourt», *Art Bulletin*, 1977, p. 315.

²⁰ Robert BRANNER, «Drawings from a thirteenth-century architects' shop: the Reims palimpsest», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1958, p. 9; del mismo autor, «Villard de Honnecourt, Reims and the origin of gothic architectural drawing», *Gazette des Beaux-Arts*, 1963, pp. 133-135; Carl F. BARNES, «The gothic architectural engravings in the cathedral of Soissons», *Speculum*, 1972, pp. 60-64; Wolfgang SCHÖLLER, «Le dessin d'architecture a l'époque gothique», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, p. 228; François BUCHER, «A rediscovered tracing by Villard de Honnecourt», *Art Bulletin*, 1977, p. 315, añade a esta lista Bourges, Trogir, Troyes y Orleans, pero no especifica si se refiere a trazados a escala o a tamaño natural; Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, p. 53 de la ed. de 1993.

²¹ Wolfgang SCHÖLLER, «Le dessin d'architecture a l'époque gothique», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, p. 228.

²² Alfredo J. MORALES, «El proyecto arquitectónico en la Sevilla del Renacimiento. Elementos y condicionantes», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 342; Francisco PINTO y Alfonso JIMÉNEZ, «Monteas en la Catedral de Sevilla», *Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1992, p. 80; también citan en pp. 79-80 trazados en el teatro de Itálica, diversos puntos de la catedral de Sevilla, el monasterio de San Andrés del Arroyo y la catedral de Burgo de Osma, sin entrar a discutir en general si se trata de dibujos a tamaño natural o escala reducida, aunque se deduce de su exposición que la pechina de la «sala de las trazas» de la iglesia mayor hispalense y por extensión, los demás dibujos de la sala, están realizados a escala y son de carácter didáctico.

²³ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 13 r; Robert BRANNER, «Villard de Honnecourt, Reims and the origin of gothic architectural drawing», *Gazette des Beaux-Arts*, 1963, pp. 138-139; Lon R. SHELBY, «Setting out the keystones of Pointed Arches: A note on medieval 'Baugeometrie'», *Technology and culture*, 1969, pp. 545-546; François BUCHER, «A rediscovered tracing by Villard de Honnecourt», *Art Bulletin*, 1977, pp. 315-319; Lino CABEZAS GELABERT, «Los modelos tridimensionales de arquitectura», *Anales de Arquitectura*, 1993, p. 12.

²⁴ José Antonio RUIZ DE LA ROSA, «Giralda-Catedral gótica», *Quatro edificios sevillanos*, Sevilla, Colegio de Arquitectos, 1996, pp. 39-42.

plantillas de la bóveda.²⁵ Estas prácticas son las que explican la práctica inexistencia de dibujos de detalle a escala: se utilizan plantillas preparadas a partir de los trazados como instrumento de transmisión de órdenes.²⁶

Hacia la primera mitad del siglo XVI se dan dos cambios fundamentales que potencian decisivamente el papel del dibujo en las obras: comienzan a aparecer poco a poco las escalas, elemento novedoso que da lugar a chanzas, y los planos de detalle.²⁷ Los dos elementos, y sobre todo las cotas, desempeñan un papel central

²⁵ Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, p. 101, dice con propiedad: «cabe entenderlo para realizar una superficie enyesada donde realizar, a escala natural, las trazas de los cortes de cantería, o monte, de la bóveda». La interpretación es atractiva y muy verosímil, pues la compra de yeso va acompañada de la de almagre y cuerdas. Pero también cabe otra interpretación que a nuestro juicio es tan atractiva y verosímil como ésta, que el yeso sea para construir un *modelo* como los preconizados por Rojas, lo que no sería de extrañar dada la audacia y novedad de la bóveda, sobre todo teniendo en cuenta que «mostra» vale por maqueta, como deja claro el propio ZARAGOZÁ en «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», en *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, Valencia, Conselleria de Cultura, 1997, pp. 14-59, al referirse a la «mostra» o maqueta de la grúa que eleva las dovelas de la bóveda de la capilla.

²⁶ José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, p. 280, mantiene una posición contraria: «Puesto que la mayoría de los dibujos de monte corresponden al siglo XIII, parece que su uso disminuye a medida que el gótico evoluciona, siendo sustituidos por las plantillas: este es un instrumento de mayores posibilidades, y su desarrollo parece corresponderse con el perfeccionamiento de los métodos geométricos para trazarlas [...]». Es decir, entiende que las plantillas y los trazados son **alternativos** y se puede escoger uno u otro método. Ciertamente hay motivos para defender esta visión del problema, pues la plantilla gótica es por lo general un dato del problema y no un resultado, y la xilografía del *Speculum Humanae* de Rodericus Zamorensis que representa a un arquitecto trazando una plantilla encima de una mesa con regla y compás prueba claramente que las plantillas se obtenían en ocasiones sin necesidad de trazados. Pero lo importante para nuestros propósitos es determinar si sucedía lo contrario, es decir, si se realizaban trazados a tamaño natural no destinados a la obtención de plantillas, sino a la talla de la dovela colocada directamente sobre el trazado, como parecen proponer los dibujos presentados por R. SAMSEN, *Les marques des tailleurs de pierre dans la construction*, reproducido en Francisco Javier JIMENEZ ZORZO, et al., «El Estudio de los signos lapidarios y el Monasterio de Veruela (Ensayo de una metodología de trabajo)», p. 47, y Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, p. 184. Hay que decir que la práctica de marcar directamente desde el trazado el contorno de las caras de un sillar es muy fatigosa, además de poco precisa; Ruiz de la Rosa propone un método basado en «ir trasladando a los sillares las medidas tomadas a compás del dibujo grabado en el paramento» y dice bien **sillares**, porque conduciría a grandes errores aplicado a dovelas; uno y otro hubieron de tener una existencia marginal. Dicho de manera más sencilla, se realizan plantillas directamente para formas como la sección de los nervios, que son un dato y no un resultado, pero esto no excluye el empleo de trazados para obtener plantillas en casos más complejos.

²⁷ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación, conforme a las medidas de estos tiempos ...*, Madrid, Luis Sánchez, 1598 (Ed. facsímil en *Tres tratados sobre fortificación y milicia*, Madrid, CEHOPU, 1985), f. 30 v.; Diego GONZÁLEZ DE MEDINABARBA, *Examen de fortificación*, Madrid, Licenciado Varez de Castro, 1599, p. 52, que se ve obligado a explicar las escalas con detalle a petición del Príncipe; Diego LÓPEZ DE ARENAS, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco, y tratado de alarifes*, Sevilla, Luis Estupiñán, 1633, p. 180. V. también Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. II, p. 13-14; «El problema del arquitecto en la España del siglo XVI», *Academia*, 1979, p. 209; *El largo siglo XVI*, Madrid, Taurus, 1989, p. 504-505, 515; Alfredo J. MORALES, «El proyecto arquitectónico en la Sevilla del Renacimiento. Elementos y condicionantes», en *Juan de Herrera y su influencia*, pp. 341-342.

en la obra del Escorial, debido al tamaño excepcional y la peculiar organización de la fábrica filipina.²⁸ Los trazados en papel se ocupan de la disposición a gran escala del edificio, la célebre «traza universal», pero también de aspectos de detalle, y estos últimos aparecen erizados de cotas. La situación se invierte: si antes los dibujos no llevaban ni cotas ni escala y era preciso acudir a las condiciones, ahora son las condiciones las que remiten a los dibujos.²⁹ Poco a poco las *trazas* de detalle se van extendiendo a otras obras españolas, comenzado por las vinculadas a Herrera y el «estudio del Alcázar».³⁰ Esto es una novedad importante, pues en la Antigüedad se realizaban planos generales a escala en papiro, pero los detalles se representaban mediante trazados a escala natural incisos en piedra.³¹ En otros casos, la técnica se introduce más lentamente: los planos de obra son planos generales a una escala relativamente grande, como en la Casa de los Miradores de Granada;³² todavía en el siglo XVII, cuando Fray Laurencio de San Nicolás diserta sobre «algunas cosas necesarias para trazar en papel cualquier edificio» se refiere a temas de disposición general del edificio, las ventajas del ángulo recto o la necesidad de ocultar las falsas escuadras, pero no a aspectos de detalle ni mucho menos a *trazas* de cantería.³³

²⁸ Matilde LÓPEZ SERRANO, *Trazas de Juan de Herrera y sus seguidores para el Monasterio del Escorial*, Madrid, Patrimonio Nacional, 1945, p. 8; Francisco ÍÑIGUEZ ALMECH, *Las trazas del Monasterio de El Escorial*, Madrid, Academia de San Fernando, 1965, p. 33; Catherine WILKINSON, «The new professionalism in the Renaissance», en *The Architect. Chapters in the history of the profession*, pp. 146-147 de la trad. española; de la misma autora «Building from drawings at the Escorial», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 264. Es especialmente interesante el documento por el que se le reprocha a Juan Bautista de Toledo que la traza no tenga cotas y que al ser de tan pequeño tamaño no se puede «sacar medida cierta». V. también Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 97-98; «El problema del arquitecto en la España del siglo XVI», *Academia*, 1979, pp. 209-210; *El largo siglo XVI*, p. 505-506, y *La octava maravilla del mundo: estudio histórico sobre el Escorial de Felipe II*, Madrid, Alpuerto, 1994, pp. 84, 88, 106, 108-109, 128, 181, 184, 235, 276, 270, 292, 371, 388, 425; «Juan de Herrera y el Escorial», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 20-21. Para obras herrerianas distintas del Escorial, v. Juan José MARTÍN GONZÁLEZ, «Formas de representación en la arquitectura clasicista española del siglo XVI», en *Herrera y el clasicismo*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1986, pp. 28-29.

²⁹ Compárese Fernando MARÍAS, «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 255: «las medidas de las obras tendrían que ser especificadas en las condiciones contractuales – como se explicita en las de 1506 de la Capilla Real Granadina aun cuando se incluyeran planta y muestra exterior» y Catherine WILKINSON, «Building from drawings at the Escorial», *ibid.*, p. 267: «specifications and contracts usually refer to the drawings for detailed measurements». Para las condiciones en la Inglaterra medieval, v., Lon R. SHELBY, «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», *Speculum*, 1964, p. 392.

³⁰ V. Fernando MARÍAS, «Trazas, trazas, trazas. Tipos y funciones del diseño arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 353.

³¹ José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, pp. 168, 170.

³² Luis CERVERA VERA, *Documentos biográficos de Juan de Herrera 1572-81*, Zaragoza-Madrid, Academia de San Fernando - Museo e Instituto Camón Aznar, 1981, p. 169; Condiciones para la Casa de los Miradores de Granada, transcritas por Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1941 (2ª ed. 1983, Madrid, Xarait, pp. 197-198).

³³ Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, s. l. (Madrid), Imprenta de Juan Sanchez, 1639, f. 26 v.; sin embargo en Francia sí se hacen muchos dibujos de detalle. V. Catherine GRODECKI, «Les

Pese al avance del papel, los trazados de cantería se siguen realizando en el suelo a tamaño natural. Brunelleschi manda explicar un terreno junto al Arno sobre el que traza la planta de la cúpula de Santa Maria del Fiore a tamaño natural.³⁴ Es inequívoca la frase de Hernán Ruiz: «Area es un planiz aparejado y nivelado para delinear con regla y compás y escuadra».³⁵ Alonso de Covarrubias se obliga a dar las trazas del Alcázar de Toledo en papel, pero también «en el suelo de la sala».³⁶ Hasta el autor del *De Architectura*, que no hace ningún esfuerzo por ocultar su desprecio por el sudor y el polvo de las lonjas, se refiere a estos métodos de trazado cuando parafrasea a Alberti: «Haz en algún lugar llano una raya tan luenga como ha de ser la columna y esta raya será el eje» [47].³⁷ En los contratos del Escorial se especifica siempre sin dejar lugar a dudas que los destajeros han de ejecutar con absoluta fidelidad las trazas; aunque en El Escorial circula mucho papel, en los elementos difíciles como arcos abocinados, la bóveda del capítulo o chimeneas se debe seguir la «montea que esta sacado en la casa de la traza en grande» o «el punto de la bóveda y lunetas trazado en el suelo».³⁸ Juan Gómez de Mora incluye entre las funciones del aparejador del palacio de Carlos V en Granada «trazar en forma grande las partes de la arquitectura para los moldes y contramoldes del corte de cantería».³⁹ También recoge este tipo de trazados Fray Laurencio de San Nicolás: «El salmer se ha de labrar [...] tomando el ancho del hueco de la puerta, o ventana [...] y tira una linea en el suelo, o en una pared tan larga como en el hueco es ancho».⁴⁰ Los *Cerramientos* ofrecen algunas pruebas, aunque indirectas, de estas prácticas: se disponen líneas auxiliares para facilitar el trazado de paralelas porque en el suelo es más sencillo y fiable construir una perpendicular que una paralela; el compás se utiliza para arcos de tamaño medio, pero no para los más grandes; se representa la proyección horizontal de algunos arcos sin más objeto aparente que controlar su ejecución; la *tirantez* y el *cintrél* que

chantiers de la noblesse et de la haute bourgeoisie dans la région parisienne d'après les archives notariales (1540-1600)», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 136.

³⁴ Eugenio BATTISTI, *Filippo Brunelleschi*, Milán, Electa, 1976, pp. 124, 146.

³⁵ Hernán RUIZ el joven, *Libro de Arquitectura*, f. 13.

³⁶ Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. IV, p. 53.

³⁷ ANÓNIMO, *De Architectura*, Manuscrito c. 1550. Ed. facsímil, Murcia, Colegio de Arquitectos Técnicos, 1995, pl. 15. Cf. Leon Battista ALBERTI, *De Re Aedificatoria*, l. VI, cap. 13, p. 525 de la ed. de Orlandi: «Nanque in pavimento quidem aut coaequato aliquo in pariete, quem locum picturam nuncupo, recta inscribitur linea, longa aequae atque futura est columna, quam ex rupe fabri exsecturi sint: haec linea axis dicitur».

³⁸ Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 228, 247.

³⁹ Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 457.

⁴⁰ Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, s. l. (Madrid), Imprenta de Juan Sanchez, 1639, f. 64.

recorren todo el manuscrito evocan inequívocamente la cuerda empleada en estos trazados.⁴¹

No es razonable pensar que estas técnicas se usen por Brunelleschi, los aparejadores del Escorial o por Aranda por mero conservadurismo; si unos y otros, que manejan el papel con soltura cuando les interesa, abordan este trabajo penoso debe existir una buena razón para ello. Un punto clave es el de las técnicas de cambio de escala. Es evidente que **si no se dispone de una técnica de cambio de escala eficaz**, un dibujo es una ayuda pobre en la obra: se puede utilizar como guía o recordatorio de su propia construcción, pero para replantearlo será imprescindible **reproducirlo** a tamaño natural, repitiendo paso por paso todos los procedimientos empleados en la construcción del dibujo.⁴² Si por el contrario **se emplea un método eficaz de cambio de escala** el dibujo es utilísimo, pues evita muchas construcciones a tamaño natural; en lugar de realizarlas en el suelo y con cuerdas, el maestro realiza las construcciones auxiliares sobre el papel y sólo traza sobre el suelo las figuras realmente necesarias para la ejecución de la obra.⁴³

Por sorprendente que pueda resultar, los maestros de la Baja Edad Media y el Renacimiento no cuentan con un medio de cambio de escala de uso general, aunque sí con soluciones parciales, como veremos más adelante.⁴⁴ Pero además, estas soluciones no proporcionan la precisión necesaria en algunos trazados de cantería renacentistas. Tanto De L'Orme como Aranda y Vandelvira aportan con mayor o menor fortuna construcciones para obtener la curvatura de las aristas de testa de los arcos en paramentos cóncavos; en el arco de triunfo de la catedral de Granada, abierto en un cilindro de veinte metros de diámetro, la cuerda se separa de la curva unos tres centímetros. Es fácil comprender que en tal caso es inútil realizar el trazado en papel y cambiarlo de escala; si se quiere obtener la precisión buscada, es preciso ejecutar todo el trazado a tamaño natural.

Ahora se comprende porqué apenas conocemos otras *trazas* de cantería en papel que las recogidas en tratados o cuadernos personales con finalidad didáctica o nemotécnica y las exigidas a los opositores. Dado que los mecanismos de cambio

⁴¹ V. pp. 136 y 134 de este Tomo I, y 260 y ss. del Tomo II.

⁴² Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, pp. 53-54 de la ed. de 1993; Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 504: «los esquemas planimétricos que se conservan del claustro de la hospedería de Guadalupe, modelos básicos a seguir en un acordelamiento más que diseños precisos y operativos»; Carlos GORDO MURILLO, *Bóvedas oblicuas en cantería*, p. 9.

⁴³ V. Paul FRANKL, «The secret of the Medieval Masons», *Art Bulletin*, 1945, pp. 48, 49; Werner MÜLLER, «Le dessin technique a l'époque gothique», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, pp. 238-239.

⁴⁴ V. p. 174 y ss.; Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 90 de la ed. de 1973; sobre Serlio y Hernán Ruiz, v. Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Estudio» en *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, pp.14-19; sobre el complicado procedimiento topográfico de De L'Orme, v. Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996, pp. 64-68.

de escala disponibles no son de uso general y no ofrecen la precisión requerida en trazados exigentes, los trazados canteriles en papel viven una existencia dependiente, como recordatorios o guías de las construcciones a tamaño natural.⁴⁵ Lo prueba sobre todo su pequeña dimensión, de la que los *Cerramientos* ofrecen un ejemplo extremo, y su sumisión al principio de economía de los trazados, esencial en el suelo y no tanto en papel, como veremos más adelante.

2

Las casas de la traza

Que los trazados se realicen en un pavimento no quiere decir necesariamente que se hagan debajo o junto al arco o capialzado real. Trazar junto a la pieza evita el error producido al transportar las medidas reales del arco al lugar de trazado, pero no siempre se dispone de espacio.⁴⁶ Cristóbal de Rojas nos ofrece un «Arco en torre redondo» y un «Arco en torre cavado»;⁴⁷ en realidad uno y otro son la misma solución al mismo problema, el del arco abierto en un muro con un paramento cóncavo y otro convexo, con la sola diferencia de la cara del paramento junto a la que se dispone la construcción [48]. La única explicación posible para esta repetición perfectamente innecesaria es que la construcción se realiza junto al arco y del lado exterior o más importante del arco, para minimizar los errores.

En el «Arco avanzado a regla», Vandelvira dice que «la cimbría de debajo al arco debe estar echada en el suelo que es por do se han de aplomar las piedras, digo que después de echada a nivel las piedras se han de asentar a su plomo la cual se traza echando sus avances en sus plomos» [49]. Es decir, que durante la monea se traza en el suelo la proyección horizontal del arco, precisamente debajo del lugar que ha de ocupar el arco real; una vez obtenidas las plantillas y labradas las piezas se van colocando en su lugar y al estar la planta del arco debajo del arco real se pueden tirar plomos desde los vértices de las dovelas para comprobar que caen exactamente encima de su posición teórica.⁴⁸ Por tanto, el trazado se ha de realizar en el suelo y a tamaño natural, pero no en la casa de trazas, sino precisamente debajo del arco, para poder controlar así la ejecución de la pieza. Este modo de

⁴⁵ V. Antonio CASTRO VILLALBA, *Historia de la construcción medieval. Aportaciones*, Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, 1996, p. 147; Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Crucería*, Valladolid, Universidad, 1998, p. 137.

⁴⁶ Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, París, B. Bauge, 1854, t. VI, p. 439.

⁴⁷ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 100 v.; v. José CALVO LÓPEZ, «Los trazados de cantería en la 'Teórica y práctica de fortificación' de Cristóbal de Rojas», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, p. 71.

⁴⁸ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, c. 1580, f. 23 v. V. también *ibid.* 23 r.

operar es similar al descrito en un pasaje del manuscrito de Simón García generalmente atribuido a Rodrigo Gil de Hontañón, en el cual se construye la planta de una bóveda de crucería en un andamio situado inmediatamente debajo de la bóveda.⁴⁹ Es interesante comparar estas soluciones con las de Aranda. En el *Arco avanzado en talus plano*, que equivale al «Arco avanzado a regla» de Vandelvira, y en general en todos los *Arcos avanzados* de Aranda, no se construye la proyección horizontal del arco, lo que le permite disponer la sección de forma más cómoda y en general desarrollar el trazado con mayor claridad. En cambio, en el *Corredor volado sin columnas formado de arcos avanzados* sí encontramos la proyección en planta de los arcos [50]. Hay una buena razón para hacer esto, aparte de la voluntad didáctica: una pequeña imprecisión en un extremo del *corredor* se puede ver convertida en un error importante en el otro extremo si no se controla bien la ejecución.⁵⁰

Pero estos casos son excepcionales. En general las trazas se efectuaban en otros lugares: en la obra de cantería de la escalera del convento de Santa Cruz de Granada «han se de cumplir y guardar [...] las trazas que para ello están hechas al natural [...] las cuales están trazadas en el cuarto nuevo frontero de a donde se han de fabricar».⁵¹

En un primer momento se utilizaban para esto lugares reservados o inaccesibles de las iglesias y, más adelante, estancias específicas, las casas de trazas españolas o las «tracing houses» inglesas, que aparecen en el siglo XIV y de las que se conserva

⁴⁹ Rodrigo GIL DE HONTAÑÓN, *Manuscrito*, incluido en Simón GARCÍA, *Compendio de Arquitectura y simetría de los templos* f. 24 v.- 25 v. (Ed. facsímil con transcripción, Valladolid, Colegio de Arquitectos, 1991) «Para cortarlas al alto que requieren, se les toma en esta manera. el andamio se açe al nibel de donde comiençan a mober las bueltas, [...] Y porque alli estara vajo por allarse los jarjamentos con sus abançamentos mas altos. Y no se alcançara a asentar los cruzeros sobre ellos, se ara otro segundo andamio como S. Y este tan cuajado de fuertes tablonos, que en ellos se pueda trazar, delinear y montear, toda la cruceria ni mas, ni menos de lo que se ve en la planta. Esto echo y señaladas todas las clauas en su lugar sobre los tablonos dejar caer perpendiculos, de la buelta a ellas, esto es para las que estan en los cruzeros o diagonales. Mas para las maças de todas las otras se hara assi. puesta la clabe maior al alto que le toca, arás vna çercha tan larga que alcance desde [...] el pie de Gallo a la claua maior con la buelta de la diaGonal, y desde estas zerchas dejar caer plomos a las clauas que estan señaladas en los tablonos [...]». V. George Edward KUBLER, «A late gothic computation of rib vault thrusts», *Gazette des Beaux-Arts*, 1944, p. 140; John FITCHEN, *The construction of Gothic Cathedrals. A study of medieval vault erection*, Oxford, Clarendon, 1961 (Ed. Chicago, University of Chicago, 1981, p. 87); Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, p. 268; Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 43; Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Crucería*, Valladolid, Universidad, 1998, p. 137.

⁵⁰ V. p. 260 del Tomo II.

⁵¹ Condiciones para hacer la obra de cantería de la escalera del convento de Santa Cruz la Real de Granada, sin fecha, c. 1596, transcritas en Lázaro GILA MEDINA, «La arquitectura en Granada a fines del siglo XVI: la escalera del convento de Santa Cruz la Real», *Cuadernos de Arte*, 1992, p. 183.

Figura 48. Cristóbal de Rojas, Teórica y práctica de fortificación, f. 100 v.

Figura 49. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 23 v.

*Figura 50. Ginés Martínez de Aranda,
Cerramientos y trazas de montea, pl.
102.*

*Figura 51. Ginés Martínez de Aranda,
Cerramientos y trazas de montea, pl. 164.*

apenas transformada la de la Catedral de York.⁵² Thomas Canterbury prepara en 1331 la obra de la capilla de St. Stephen en Westminster «in trasura super moldas operanti». En España se conocía de antiguo la mención a la casa donde trazaban los aparejadores en El Escorial;⁵³ se ha encontrado hace pocos años una sala en la catedral de Sevilla con trazados en el suelo, aparentemente de carácter didáctico y quizá vinculados a Hernán Ruiz y Alonso de Vandelvira.⁵⁴ En Francia, en cambio, parece más frecuente trazar en espacios poco accesibles de las iglesias, como el coro de Soissons o las terrazas sobre las naves laterales en Clermont – Ferrand,⁵⁵ práctica que persiste en España largo tiempo, como prueba el trazado de una bóveda recientemente encontrado bajo la escalera del Colegio de Nuestra Señora de la Antigua o del Cardenal de Monforte de Lemos, correspondiente al siglo XVII.⁵⁶

Los textos reflejan esta práctica indirectamente. Philibert nos explica que la saltarregla sirve para tomar una medida «sobre el trazado, o sobre la obra», lo que parece indicar que se tomaban ángulos en la obra ya construida y se transportaban con la saltarregla hasta el lugar donde se realizaban los trazados;⁵⁷ en otro lugar nos

⁵² Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 85 de la ed. de 1973; Robert BRANNER, «Villard de Honnecourt, Reims and the origin of gothic architectural drawing», *Gazette des Beaux-Arts*, 1963, p. 131; Peter J. FERGUSSON, «Notes on two engraved cistercian drawings», *Speculum*, 1979, pp. 5-6, 7, 16; Lon R. SHELBY, «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», *Speculum*, 1964, p. 393; «Medieval masons' templates», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1971, pp. 141, 143; Thomas Canterbury prepara en 1331 la obra de la capilla de St. Stephen en Westminster «in trasura super moldas operanti».

⁵³ Luis CERVERA VERA, *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, Valencia, Albatros, 1985, pp. 84, 94; Juan José MARTÍN GONZALEZ, «Formas de representación en la arquitectura clasicista ... », en *Herrera y el clasicismo*, p. 23; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 228. Existe además una mención aislada a «las paredes de la casa de la traça» en los documentos de la catedral de Granada de 1534, cit. Manuel GÓMEZ-MORENO, *Diego Siloé. Homenaje en el IV centenario de su muerte*, Granada, Cuadernos de Arte, 1963, p. 90; v. también Francisco PINTO y Alfonso JIMÉNEZ MARTÍN, «Monteas en la Catedral de Sevilla», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1992, p. 81.

⁵⁴ Francisco PINTO y Alfonso JIMÉNEZ MARTÍN, «Monteas en la Catedral de Sevilla», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1992, pp. 79, 80-83; Alfredo J. MORALES, «El proyecto arquitectónico en la Sevilla del Renacimiento. Elementos y condicionantes», en *Juan de Herrera y su influencia*, pp. 343-344; del mismo autor, *Hernán Ruiz «El Joven»*, pp. 45-46.

⁵⁵ Carl F. BARNES, «The gothic architectural engravings in the cathedral of Soissons», *Speculum*, 1972, p. 60; Robert MARK, «Introduction», en *Architectural Technology up to the Scientific Revolution*, Cambridge, Mass., MIT Press, 1993, p. 10.

⁵⁶ Manuel J. FREIRE TELLADO, «Los trazados de monteas de factura renacentista del edificio de los escolapios de Monforte de Lemos (Lugo)», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 173-180. Sobre el edificio, v. Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, Madrid, Instituto Diego Velázquez, 1966 (2ª ed. 1984, pp. 117-188).

⁵⁷ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567, f. 55 r. V. p. 201 de este trabajo.

dice: «después tomarás el espesor del muro oblicuo, sobre el que quieres hacer la puerta, y tan oblicuo como vaya, así será la puerta esviada».⁵⁸

En la «Tronera primera», Vandelvira dice que «trazarse ha primero el grueso de la pared», lo que quiere decir que en este caso, la *traza* no se hace en el grueso de la pared ya levantada hasta el plano de impostas; o bien se hace antes de levantar la pared, o se hace junto a ella pero no en el hueco, o en la casa de trazas, lo que a nuestros efectos es lo mismo. En Aranda, como en Vandelvira, hay numerosas *trazas* en las que las *plantas por lecho* se construyen girando hacia la jamba e invaden la proyección del muro [51]. Si el problema preocupase, se podría evitar fácilmente girando las *plantas* hacia el centro del arco, pero no se hace ningún esfuerzo en este sentido. Por tanto, todo parece indicar que lo usual era realizar estas *trazas* antes de levantar la primera hilada del muro o bien en otro lugar.⁵⁹

3

La cuerda

El primer instrumento de los trazados a tamaño natural, sea en el suelo o en la pared, es la cuerda [52]. Presente en las obras desde tiempo de los egipcios, la cuerda es a veces un objeto legendario: el venerable Gunzo ve aparecer a San Pedro, San Pablo y San Esteban cargados de cuerdas para delimitar el área de la futura basílica de Cluny.⁶⁰ Una cuerda tensa entre dos puntos da una recta; una cuerda fija en un punto por un extremo permite describir un arco o un círculo con el otro extremo y al mismo tiempo marcar su radio; dos nudos en una cuerda permiten tomar una medida.⁶¹ Cuando Juan Gil de Hontañón recibe el encargo de trazar la catedral de Segovia, el cabildo le entrega una cuerda, unos clavos, una

⁵⁸ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 71 v.

⁵⁹ V. p. ej. Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl.10, 20, 25, 27, 29, y Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 19 v., 20 v., 21 r., 21 v., 22 r. Las dos listas podrían ser interminables.

⁶⁰ Juan Bautista VILLALPANDO, *De postrema Ezechielis prophetae visione*, Roma, 1604, vol. II, l. III, cap. VII; Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 87 de la ed. de 1973; John FITCHEN, *Building Construction Before Mechanization*, Cambridge, Mass., MIT Press, 1989, pp. 115, 119; José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura en la Antigüedad y el Medievo*, Sevilla, Universidad de Sevilla, 1987, p. 69.

⁶¹ Robert BRANNER, «Villard de Honnecourt, Reims and the origin of gothic architectural drawing», *Gazette des Beaux-Arts*, 1963, p. 130; Lon R. SHELBY, «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», *Speculum*, 1964, p. 401; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 26; Daniela LAMBERINI, «Il cantiere delle fortificazioni nelle toscana del Cinquecento», *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, París, Picard, 1991, p. 229; Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIIIe siècle et sa communication*, París, Picard, 1991 (2ª ed. 1993, p. 59); Lino CABEZAS GELABERT, «'Ichnographia', la fundación de la arquitectura», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1992, pp. 88-90. V. también V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 19 de la ed. de 1991.

escadra y un compás; su hijo Rodrigo se refiere a la experiencia necesaria para «el tirar de los cordeles para el cortar las mazas de las claves»; la obra del Escorial comienza cuando Juan Bautista de Toledo «acordela» el sitio.⁶² Cuando la cuerda se fija en el centro de un círculo, se denomina *cintrel*, y tiene varias finalidades; con el *cintrel* se puede trazar un arco, o incluso controlar la esfericidad de una bóveda de naranja, pero también representar la junta de lecho entre sus dovelas o *tirantez*, que tantas veces encontramos en los *Cerramientos*. Aunque parezca extraño, en ocasiones se traza un arco con el compás de aparejador y sus *tiranteces* con el *cintrel*.⁶³

La cuerda prácticamente no tiene límites de tamaño, al contrario que el compás de cantería y la regla, pero ya en el siglo XVI se empieza a desconfiar de su precisión: Philibert de L'Orme recomienda que la cuerda sea de corteza de árbol, como el tilo, y no de cáñamo, que no conserva la longitud cuando está mojada.⁶⁴ Otro problema es que por mucho que se tense, adopta la forma de una catenaria, lo que determina una pérdida de precisión en longitudes importantes.⁶⁵

Para el trazado de segmentos de recta de longitud media se utilizaba la regla, cuya longitud llegaba a las seis toesas, esto es, doce varas, aproximadamente unos diez metros.⁶⁶ No era ese el único uso del instrumento. En ocasiones se utilizaban reglas con un puntero en cada extremo para trazar arcos o círculos algo mayores de lo que permite el compás de aparejador, aunque para los arcos verdaderamente

⁶² Rodrigo GIL DE HONTAÑÓN, *Manuscrito*, f. 24 v.; Fray José de SIGÜENZA, *Historia de la Orden de San Jerónimo*, libro III, discurso III; Luis CERVERA VERA, «Desarrollo y organización de las obras del Monasterio de San Lorenzo el Real del Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, p. 30; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 34, 55.

⁶³ Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, s. l. (Madrid), Imprenta de Juan Sanchez, 1639, f. 64 v.: «para hacer la vuelta escarzana [...] abre el compás la distancia de la A B y asentando la una punta en el punto A describe la porción A C B y el punto N es punto fijo donde se ha de asentar el cintrel, con que se ha de ir labrando el arco». Si la porción A C B, que forma el arco, se ha de trazar con el compás, sólo cabe usar el *cintrel* para trazar las *tiranteces*. V. también Lon R SHELBY, «Medieval mason's tools: compass and square», *Technology and culture*, 1965, p. 237 y Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, pp. 7, 39.

⁶⁴ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 33 v. V. también Paul FRANKL, «The secret of the Medieval Mason», *Art Bulletin*, 1945, p. 53; Werner MÜLLER, «Le dessin technique a l'époque gothique», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, p. 249.

⁶⁵ Eugenio BATTISTI, *Filippo Brunelleschi*, Milán, Electa, 1976, p. 124; Robert MARK, «Introduction», en *Architectural Technology up to the Scientific Revolution*, Cambridge, Mass., MIT Press, 1993, p. 10.

⁶⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 33 v.; Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, 1639, f. 64.

grandes era preciso recurrir a la cuerda;⁶⁷ en las fortificaciones de tierra se materializaban con ayuda de varias reglas los planos inclinados.⁶⁸

4

La vara de medir, la galga y el compás de espesores

Si la regla iba graduada se la conocía por *vara de medir*, lo que da lugar a una medida de longitud que vale tres pies castellanos o *cuartas*, del mismo modo que la yarda inglesa tiene tres pies imperiales. La idea de la regla graduada es muy antigua; ya en la Alta Edad Media se utiliza la «virgula geometrica» para medir las piedras; pero las referencias documentales en el Medievo a su empleo en la construcción son sorprendentemente escasas y se reducen en la práctica a un texto aportado por Mortet y Deschamps.⁶⁹ Por el contrario, en los contratos de obra en la España del siglo XVI es muy frecuente la aparición de la medida, y Martínez de Aranda la emplea constantemente en las escaleras, lo que da a entender que el instrumento se conocía mucho tiempo atrás.⁷⁰

Un verbo que aparece varias veces en los *Cerramientos* es *galgar*, acción que se realizaba mediante la *galga*.⁷¹ Según Philibert de L'Orme, las piedras «sont equarries et iaugeés» antes de tallar las molduras.⁷² La galga, usada ya en tiempos de Villard de Honnecourt [52], es simplemente una regla de madera que se utiliza

⁶⁷ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 33 v. V. también V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 48 de la ed. de 1991, y AA. VV., *Guía práctica de la cantería*, pp. 22, 23.

⁶⁸ Daniela LAMBERINI, «Il cantiere delle fortificazioni nelle toscana del Cinquecento», *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 230.

⁶⁹ Paul FRANKL, «The secret of the Medieval Mason», *Art Bulletin*, 1945, pp. 48-49; V. MORTET y P. DESCHAMPS, *Recueil de textes relatifs à l'histoire de l'architecture et à la condition des architectes en France au Moyen Age, XIe-XIIIe siècles*, París, p. 390, cit. por Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 22 de la ed. de 1973; Lon R. SHELBY, «Medieval masons' templates», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1971, p. 142; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 25; Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, p. 64 de la ed. de 1993.

⁷⁰ Por citar sólo dos ejemplos: contrato para El Salvador de Úbeda, en Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, p. 186 de la ed. de 1983; escritura para las «necesarias» del Monasterio de El Escorial de 19 de Abril de 1566, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 148. V. también pp. 28 y ss. y 191-231 del Tomo III de este trabajo. Para su empleo en la cantería de nuestra época, v. AA. VV., *Guía práctica de la cantería*, p. 22.

⁷¹ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pássim, p. ej. pl. 6, 7, 8. V. también V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 4 de la ed. de 1991.

⁷² Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 57; v. también P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 5: «Retourner vne pierre c'est luy donner un second lit ou parement, opposée en sorte à vn premier lit ou parement ia fait [...] que le second soit parallele au premier. C'est cela mesme que veulent signifier les ouurieurs, quand ils disent iauger vne pierre; excepté que pour retourner vne pierre, il faut que le second lit [...] porte les mesmes marques qui se truuent sur le premier [...] les échaffes, son des bois plats en forme de reglas, sur lesquels on fait des creus ou entailles, pour marquer en l'un des costez

Figura 52. Villard de Honnecourt, Cuaderno, f. 41

Figura 53. Philibert de l'Orme, Le premier tome de l'Architecture, f. 132.

para tomar longitudes haciéndole muescas.⁷³ Además del simple traslado de distancias, se utiliza para el trazado de paralelas. En El Escorial se emplea para fijar la altura de la sillería, y en la Catedral nueva de Salamanca la fábrica se hace «a una galga», esto es, por hiladas de igual altura.⁷⁴ Philibert, como Aranda, utiliza la *galga* o un instrumento similar para llevar medidas de un punto a otro del trazado, aunque no es tan explícito: «La longitud y distancia del punto 11 al 13, se transporta del punto 14 al punto 12».⁷⁵

También se utiliza para transportar distancias o medir espesores un pequeño compás de brazos curvos, que aparece en manos de un arquitecto en la catedral de Poitiers para tomar medidas sobre lo que parece ser un plano. Junto al compás de aparejador y la escuadra, es el símbolo del oficio: Hugues Libergier lo tiene a sus pies en su losa sepulcral de la catedral de Reims; Mathieu d'Arras lo lleva al cuello en la catedral de Praga.⁷⁶

Tres son las medidas que cita Martínez de Aranda en su manuscrito: la *vara*, la *tercia* y la *cuarta*. En realidad son parte de un sistema más complejo y perfectamente estructurado. La *vara* tiene tres *tercias* o pies y el pie [53] dieciséis dedos; de modo que la *vara* tiene cuarenta y ocho dedos. Como medidas intermedias están la *cuarta* o palmo, con doce dedos, la *sesma* o jeme, equivalente a medio pie, con ocho dedos, y la *ochava* o media *cuarta*, con seis dedos; sin nombre específico, también forma parte del sistema la media *vara*, equivalente a veinticuatro dedos o dos *cuartas*; en su búsqueda de precisión Herrera desciende al medio y al cuarto de dedo.⁷⁷ Para Cristóbal de Rojas, «consta muy claro ser mejor la medida con pies, que todas las demás, porque brazas y canas, no es medida constante, porque en cada provincia son diferentes, y así en alguna forma parecen

d'iceux la longueur, & en l'autre la hauteur des pierres»; Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, p. 2.

⁷³ VILLARD DE HONNECOURT, *Cuaderno*, lám. 41 según la numeración de Omont; Lon R. SHELBY, «Medieval masons' templates», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1971, p. 146; Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, p. 61 de la ed. de 1993.

⁷⁴ Fernando CHUECA GOITIA, *La catedral nueva de Salamanca. Historia documental de su construcción*, Salamanca, Universidad, 1951, p. 47; Catherine WILKINSON, «Building from drawings at the Escorial», *Les Chantiers de la Renaissance*, pp. 267-68, 571; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 147.

⁷⁵ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 58 v.: «La largeur & distance du point de 11, à celui de 13, se transporte du point de 14, au point de 12».

⁷⁶ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 71, 91 de la ed. de 1973; V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 4 de la ed. de 1991.

⁷⁷ Matilde LÓPEZ SERRANO, *Trazas de Juan de Herrera y sus seguidores para el Monasterio del Escorial*, Madrid, Patrimonio Nacional, 1945, pp. 8, 21; Félix SANCHO DE SOPRANIS, «Las medidas castellanas en las reglas de trazado», *Revista Nacional de Arquitectura*, 1946, p. 16; Catherine WILKINSON, «Proportion in practice: Juan de Herrera's design for the façade of the Basilica of the Escorial», *Art Bulletin*, 1985, p. 231; «Building from drawings at the Escorial», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 267.

confusas: lo que no tiene los pies geométricos, que en todas partes son de una medida».⁷⁸

La utilización de estas medidas por Aranda es muy reducida; se circunscribe a la *definition quinta* de la primera parte del manuscrito, que trata de los anchos de muro necesarios para estribar correctamente los arcos, y la tercera parte, que tal como ha llegado a nosotros trata únicamente de *caracoles*. Son por tanto dos campos concretos los que hacen aparecer las medidas, cada uno por razones específicas: el caso del estribo de los arcos porque se atisba el problema que Galileo planteará en una de las *Due scienze nuove*⁷⁹ y el de las escaleras por razones antropométricas. El resto de las trazas se presentan como independientes de la escala; Siloé decía que

esta arte de arquitectura no se puede declarar por palabras sin que intervenga en ello la medida del compás por causa de las particularidades de los ornatos de ella porque pocas veces esta sujeta a varas ni tercias ni palmos⁸⁰

El maestro de la catedral de Granada se refería en realidad a las basas y capiteles, pero el razonamiento se puede extender a los problemas de la tomotecnia: tanto el léxico clásico de la arquitectura como la geometría de las trazas de monte son básicamente independientes de la escala.

5

El compás de aparejador

Encontramos representaciones medievales y renacentistas de un compás de tamaño similar a los nuestros, usado sin duda para trazados en papel, y contamos con muestras de su uso efectivo.⁸¹ Pero el instrumento por excelencia de los trazados a escala natural es el compás de aparejador o de cantería; cuando se quiere

⁷⁸ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 36.

⁷⁹ La recomendación de Aranda es en realidad inversa al resultado de Galileo; el canto del arco aumenta en proporción a la luz elevada a $2/3$ y no a $3/2$ como los huesos de los gigantes; pero como ha mostrado Santiago HUERTA FERNÁNDEZ, *Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España ca. 1500- ca. 1800*, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1990, p. 300, la regla tiene mucho sentido estructural y da resultados comparables a los de las fórmulas posteriores de Perronet y Rankine.

⁸⁰ Condiciones para la Casa de los Miradores de Granada de 1560, transcritas por Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, p. 197 de la ed. de 1983; v. Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 399, 498; *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*, Madrid, Sílex, 1992, pp. 142-144; Rafael LÓPEZ GUZMÁN, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, Granada, Diputación, 1987, p. 523.

⁸¹ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 64, 103 y 105 de la ed. de 1973; Robert BRANNER, «Drawings from a thirteenth-century architects' shop: the Reims palimpsest», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1958, p. 15; Lon R. SHELBY, «Medieval mason's tools: compass and square», *Technology and culture*, 1965, p. 240.

*Figura 54. Vidriera de
Saint Chéron. Catedral de
Chartres, s. XIII.*

*Figura 55. Arquitecto del Rey Offa.
Miniatura s. XIV.*

*Figura 56. Antonio Averlino, «Filarete»,
Tratado de arquitectura, f. 174.*

*Figura 57. Philibert de l'Orme, Le Premier
Tome de l'Architecture, f. 56 v.*

*Figura 58. Pseudo Juanelo Turriano, Los veintiún
libros de los ingenios y las máquinas.*

decir que la solución a un determinado problema sólo se entenderá del todo realizándola en la práctica, se dice «como comprenderás con el compás en la mano»; Tampeso espera a Picardo «con el compás en la mano», listo para comenzar a trazar basas.⁸² Se trata de un compás grande de aproximadamente tres pies de longitud de brazos, que sirve para realizar arcos de media dimensión, de hasta cuatro o cinco pies de radio, y en ocasiones para tomar medidas angulares; siempre cuenta con un sector o dos, para evitar el alabeo de los brazos.⁸³ Para arcos algo mayores, se puede recurrir a las reglas; pero es la cuerda la que permite trazar arcos de cualquier tamaño que se presente en la edificación.⁸⁴

El compás aparece en el siglo XIII: en las vidrieras de Chartres encontramos un compás con sector en compañía de plantillas y útiles de labra [54];⁸⁵ más adelante el compás de aparejador se convierte en el emblema del «arquitecto» medieval, junto a la escuadra: aparece una célebre miniatura en las manos del maestro del rey Offa [55], en las del monje Diemar en la iglesia de los dominicos de Ratisbona, en las de dos maestros que en la catedral de Worcester reciben instrucciones de una reina y un monje y hasta en las del creador de Universo, o en las de Juan de Candamo de las Tablas, maestro mayor de la catedral de Oviedo entre 1458 y 1489.⁸⁶ Para Barnes, la precisión de los trazados a tamaño natural de la catedral de Soissons prueba que fueron realizados con regla y compás.⁸⁷

El uso de este instrumento medieval pervive en el Renacimiento, como útil y como símbolo. Encontramos con frecuencia un compás sin sector, más pequeño, para trazar en papel; en la Escalera Dorada de la Catedral de Burgos aparece como

⁸² Diego de SAGREDO, *Medidas del Romano necesarias a los oficiales que quieren seguir las formaciones de las Basas, Colunas, Capiteles y otras piezas de los edificios antiguos*, Toledo, 1526; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 26 v. Cf. Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 58 v, 61 v., 76 v., 109 r. ; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 195. Sobre su empleo efectivo en trazados a tamaño natural, v. Carl F. BARNES, «The gothic architectural engravings in the cathedral of Soissons», *Speculum*, 1972, p. 60.

⁸³ Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, p. 59 de la ed. de 1993; V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 4 de la ed. de 1991.

⁸⁴ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 33 v.

⁸⁵ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 17 de la ed. de 1973; A. SENÉ, «Un instrument de précision au service des artistes du Moyen Age: l'equerre», *Cahiers de civilisation médiévale*, 1970, p. 350.

⁸⁶ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 99-101 de la ed. de 1973; Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, París, Seuil, 1956, pp. 36 y 75 de la ed. de 1980; Otto von SIMSON, *The Gothic Cathedral: Origins of Gothic Architecture and the Medieval concept of Order*, Princeton, Princeton University Press, 1956 (Tr. esp. de Fernando Villaverde, *La Catedral Gótica*, Madrid, Alianza Forma, 1980, p. 55-56); José María de AZCÁRATE, «La obra toledana de Juan Guas», *Archivo Español de Arte*, 1956, p. 41; Lon R. SHELBY, «Medieval mason's tools: compass and square», en *Technology and culture*, 1965, p. 236; Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, París, Seuil, 1956, pp. 36 y 75 de la ed. de 1980; Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 495.

⁸⁷ Carl F. BARNES, «The gothic architectural engravings in the cathedral of Soissons», *Speculum*, 1972, p. 60.

uno de los emblemas del arquitecto, en su variante más pequeña, sin sector, para trazar en papel, como los que aparecen en los manuscritos del tratado de Filarete [56], en el *Premier Tome de l'Architecture* [57] o en *Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas* [58], vinculado a los trabajos en madera.⁸⁸

Pero esto no significa ni mucho menos que el compás de aparejador desaparezca en el Renacimiento o en la época barroca. En El Escorial se compra en tiempos de Juan Bautista de Toledo «un compás muy grande para la cantería»; otro se conserva en el Museo de Arquitectura del Real Sitio.⁸⁹ En el inventario de bienes hecho a la muerte de Ginés Martínez de Aranda aparece «un compás grande»,⁹⁰ así como en el formado para la boda de Eufrasio López de Rojas;⁹¹ también nos habla de él Fray Laurencio de San Nicolás.⁹² En los *Cerramientos* el compás aparece con frecuencia, pero parece reservarse para trazar arcos de círculo de radio medio. En la primera parte, reservada a los arcos, que pueden tener luces muy variables, el término COMPAS aparece veinte veces, mientras que en la segunda que trata de piezas que rara vez superan los seis pies como los capialzados, lo encontramos ochenta y seis veces; es significativo que no aparezca ni una sola vez entre los *caracoles*, lo que parece indicar que el radio de sus cajas, de alrededor de seis pies, supera el máximo alcanzable con el instrumento.

6

La escuadra y el cartabón

En el inventario de bienes hecho a la muerte de Ginés Martínez de Aranda aparece una escuadra de hierro, probablemente para tallar piedra; pero también otras dos escuadras, que pueden ser escuadras pequeñas para trazar en papel, o más probablemente escuadras de buena dimensión para el trazado a tamaño natural.⁹³

⁸⁸ Fernando MARÍAS, «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 249; del mismo autor, *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*, Madrid, Sílex, 1992, p. 144; Antonio Averlino llamado FILARETE, *Trattato*, l. XXII, f. 174 r., l. XXIII, f. 178 r.

⁸⁹ AA. VV., *El Escorial. Biografía de una época (La Historia) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Dirección General de Bellas Artes y Archivos, 1986, pp. 92-93, 161; Catherine WILKINSON, «Building from drawings at the Escorial», *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 263, nota 2.

⁹⁰ V. p. 70.

⁹¹ V. p. 75.

⁹² Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, 1639, f. 64, 64 v.

⁹³ Según Lon R. SHELBY, «Medieval mason's tools: compass and square», *Technology and culture*, 1965, p. 245, las escuadras de hierro eran conocidas pero no frecuentes en la Edad Media, con lo que la escuadra de hierro de Aranda sería un instrumento relativamente novedoso. Pero este planteamiento despierta algunas dudas, pues una escuadra de madera utilizada de forma constante para comprobar la ortogonalidad de la cara de un sillar acabaría desgastándose muy pronto. V. también Alfonso RODRIGUEZ GUTIERREZ DE CEBALLOS, «La librería del arquitecto Juan del Ribero Rada», en *Academia*, 1986, p. 135: aparecen en el

*Figura 59. Antonio Averlino, «Filarete»,
Tratado de Arquitectura, f. 173 v.*

Figura 60. Philibert de l'Orme, Le Premier Tome de l'Architecture, f. 36 v.

El cartabón aparece citado varias veces por Cristóbal de Rojas, como instrumento de topografía en el que ayudarse para trazar visuales.⁹⁴

En el Renacimiento se empleaban dos clases de escuadras, presentes ya en la Antigüedad: la de dos brazos, muy útil en la labra porque permite ir comprobando el ángulo entre dos caras de un sillar,⁹⁵ y la de tres, teóricamente indeformable. La escuadra de dos brazos es un instrumento de fuerte tradición medieval, presente en representaciones del siglo XI como los frescos de Saint-Savin de Gartempe o del XII como el manuscrito de Herraude de Landsberg o un capitel del claustro de la Catedral de Gerona; es de un tamaño medio, lo que resulta lógico ya que se representa casi siempre vinculada a la labra.⁹⁶ En cambio, en la Escalera Dorada de la Catedral de Burgos aparece en compañía de planos y compases sin sector, como instrumento de arquitecto.⁹⁷ Las escuadras de brazos divergentes, estudiadas por Sené y sobre las que tanto se ha especulado, han desaparecido ya al llegar al Renacimiento; sólo encontramos escuadras de brazos paralelos.⁹⁸ En cambio, ya en el siglo XVI, Philibert de L'Orme se refiere a unas «grandes escuadras de madera» [60] en *Le premier tome de l'Architecture*;⁹⁹ además de los dos brazos que materializan el ángulo recto cuentan con un tercero que asegura la rigidez, como las de Vitruvio, Faventino o San Isidoro.¹⁰⁰ Esto no quiere decir que la escuadra de dos brazos desaparezca: al contrario, se emplea en el Templo Malatestiano de Rímini, vinculada como siempre a la labra.¹⁰¹

inventario de bienes que quedaron a la muerte del maestro «cinco escuadras de yerro una grande y las cuatro pequeñas».

⁹⁴ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 52 v., 56 .

⁹⁵ José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, p. 113.

⁹⁶ A. SENÉ, «Un instrument de précision au service des artistes du Moyen Age: l'equerre», pp. 350, 358; v. p. 197.

⁹⁷ Fernando MARÍAS, *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*, p. 144.

⁹⁸ La escuadra a la que se refieren Lon R. SHELBY, «Medieval mason's tools: compass and square», *Technology and culture*, 1965, p. 248, y A. SENÉ, «Un instrument de précision au service des artistes du Moyen Age: l'equerre», pp. 349-358, supuestamente del siglo XVIII, sería la excepción que confirma la regla.

⁹⁹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 36.

¹⁰⁰ Marco VITRUBIO, *De Architectura libri decem*, prefacio al l. IX; M. Cetio FAVENTINO, *De diversis fabricis*, cap. XXVIII: «Quum ad omnes usus normae ratio subtiliter inventa videatur, sine qua nihil utiliter fieri potest, hoc modo erit disponenda. Sumantur itaque tres regulae, ita ut duae sint pedibus binis, & tertia habeat pedes duos, uncias decem; ac regulae aequali crassitudine composita, extremis acuminibus iungantur, scema facientes trigoni. Sic siet peritis norma composita»; San ISIDORO, *Etimologías*, XIX, 18, 1. V. Lon R. SHELBY, «Medieval mason's tools: compass and square», *Technology and culture*, 1965, p. 245; Agustín HEVIA BALLINA, «Noticia introductoria», en M. Cetio Faventino, *De diversis fabricis*, Oviedo, Colegio de Arquitectos Técnicos, 1979, pp. 98-100, 128; José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, p. 197.

¹⁰¹ Construcción del Templo Malatestiano. Biblioteca Nacional de París, ms. 630, f. 126, reproducido en Joseph RYKWERT, «I comitenti e i loro edifici. Sigismondo Malatesta di Rimini e il Templo Malatestiano», en *Leon Battista Alberti*, Milán, Electa, 1994, p. 379.

En principio parece que la escuadra se utiliza para el trazado de segmentos de longitud media, mientras que para líneas más largas se utilizan las cuerdas y los procedimientos de trazado de perpendiculares que discutiremos más adelante.¹⁰² Los ámbitos de aplicación de los dos procedimientos se solapan: Philibert nos dice «tirad otra perpendicular, o un trazo de escuadra si queréis».¹⁰³ Pero el maestro de Lyon es consciente de que el uso de la escuadra tiene limitaciones: sólo se puede usar en trazos de mediana longitud porque «bien pronto se encuentra [que tiene] brazos tan pequeños, que si la obra es grande, la escuadra presta poca ayuda». Por otra parte, se empieza a reconocer que la precisión del instrumento es crítica: «con frecuencia las escuadras no son buenas. Y si se encuentran grandes que no valen nada, más grande error se comete».¹⁰⁴ Mathes Roriczer, en su *Geometria Deutsch* ofrece un procedimiento

para hacer fácilmente una escuadra correcta, haz dos líneas que se encuentren como quieras y donde se encuentren marca el punto e. Entonces pon una punta del compás en el punto e y ábrelas tanto como quieras y haz un punto en cada línea. Tendrás las marcas a b c equidistantes de e. Entonces traza una línea de a a b y de b a c. Así tendrás una escuadra correcta [...]¹⁰⁵

En cambio, Philibert recomienda utilizar un triángulo egipcio o pitagórico, es decir, el que tiene lados de tres, cuatro y cinco unidades cualesquiera, que por virtud del teorema de Pitágoras es rectángulo. Así, construye un triángulo egipcio sobre los brazos, tomando cuatro unidades en un brazo y tres en el otro; el segmento que cierra el triángulo debe tener cinco, y de no ser así la escuadra es defectuosa. Si no se dispone de tiempo para desmontarla y corregirla, se puede recurrir a la solución provisional de trazar sobre uno de los brazos de la escuadra una línea perpendicular al otro brazo, empleando de nuevo el triángulo egipcio: desde los extremos de un segmento de cuatro unidades marcado sobre uno de los brazos, trazaremos dos arcos de radio tres y cinco unidades; uniremos la

¹⁰² V. p. 140 y ss.

¹⁰³ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 58: «tirez-en vne autre perpendiculaire, ou vn trait d'equerre à vostre plaisir».

¹⁰⁴ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 33: «bien souuent il sy trouue si petites branches & bras, que si l'oeuvre est grande la dicte equarre donne peu de iugement [...] Et s'il s'en trouue de grands qui ne valent rien, plus grande erreur ils font faire». V. también V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, París, Librairie du Compagnonnage, 1991, p. 3.

¹⁰⁵ Mathes RORICZER, *Geometria Deutsch*, f. 1. Ed. y traducción inglesa de Lon R. Shelby en *Gothic Design Techniques*, Carbondale, Southern Illinois University Press, 1977: «Czum ersten behend ain gerecht winkelmaz cze machen So mach czwen riss vber ain ander an geferd wie du wild vnd wo die riss vber ain ander geen da secz ain e. Darnach secz ain czirkel mit ainem ort auf den punkt e vnd czuich ihn auf als weit du wild vnd mach auf yede linj ain punkt Das sein die puchstaben a b c das allen ain weiten sey Darnach mach ain linj vom a jn das b und vom b jn das c So hastu ain gerecht winckelmaz [...]»

intersección de estos dos arcos con el centro del arco de tres unidades, y el segmento así obtenido será perpendicular al de cuatro unidades.¹⁰⁶

7

El trazador y el almagre

Para materializar los trazados se empleaban dos técnicas que datan al menos del Imperio Antiguo egipcio.¹⁰⁷ El instrumento más frecuente para trazar líneas rectas con ayuda de la cuerda o la regla es el trazador o el puntero: según Philibert de L'Orme, los «moules» se aplican sobre las piezas y se trazan las molduras con una «broche d'acier», es decir, un trazador;¹⁰⁸ en el museo escurialense se conserva un buen número de estos instrumentos, de distintos tamaños. Según Barnes y Fergusson, los trazados a tamaño natural de la catedral de Soissons y las abadías de Bylands y Jervaulx debieron ser grabados con un instrumento puntiagudo de metal.¹⁰⁹

En algunas ocasiones, como en la obra del Escorial o en la extraordinaria Capilla Real del monasterio valenciano de Santo Domingo, se habla de trazos con almagra o «almagena», que es un barrillo hecho con arcilla muy fina y que empleaban también los carpinteros en el siglo XVII con ayuda de un hilo o cordel; este método se aplica todavía en nuestros días para marcar las plantillas sobre las caras de los sillares o dovelas, utilizando una pluma de ganso. Hasta donde llega nuestro conocimiento, la naturaleza del procedimiento ha impedido que se conserve ningún trazado renacentista o barroco realizado de esta manera.¹¹⁰

¹⁰⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 36 - 36 v.

¹⁰⁷ José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, pp. 69-72; 168.

¹⁰⁸ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 57 r.; Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», p. 277; V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 4 de la ed. de 1991; AA. VV., *Guía práctica de la cantería*, p. 23.

¹⁰⁹ Carl F. BARNES, «The gothic architectural engravings in the cathedral of Soissons», p. 60; Peter J. FERGUSSON, «Notes on two engraved cistercian drawings», p. 7; v. también Lon R. SHELBY, «Setting out the keystones of Pointed Arches: A note on medieval 'Baugeometrie'», *Technology and culture*, 1969, p. 546 y Werner MÜLLER, «Le dessin technique a l'époque gothique», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, p. 250, que propone como instrumentos de marcado la «pointe sèche» y la «sanguine», sin citar fuente.

¹¹⁰ Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 231; Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos», p. 101; del mismo autor, «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», pp. 14-59. V. también María de los Ángeles TOAJAS ROGER, «Aportación a la lexicografía española de arquitectura del siglo de oro: Vocabulario de carpintería y de alarifes en Diego López de Arenas», en *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, Madrid, Universidad Complutense, 1994, pp. 668, 675, y V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 48 de la ed. de 1991. James H. ACLAND, *Medieval Structure: The Gothic Vault*, Toronto, University of Toronto Press, 1972, p. 124 menciona «chalk or red oxides of iron» sin citar fuente.

Aranda nos dice en su introducción *AL LECTOR* que *siempre tuve cuidado [...] de contra hacer las dichas trazas y ponerlas por modelos antes de ponerlas por escritura*. Esta afirmación es en realidad un lugar común; prácticamente lo mismo nos dicen Philibert de L'Orme y Cristóbal de Rojas.¹¹¹ Antes de seguir adelante, es preciso estar prevenidos contra algunas confusiones; por una parte, tanto en italiano como en español, «modello» o *modelo* pueden denotar tanto maquetas como dibujos esquemáticos; además en italiano, en malas traducciones al castellano, o en boca de personas que no son del oficio, como el padre Sigüenza, pueden referirse a plantillas de labra. Las «molles» de Villard de Honnecourt no son MODELOS sino MOLDES.¹¹² También hay que distinguir los *modelos* vinculados a la construcción efectiva de un edificio con las maquetas votivas o de fundador, los «modelos ideales» y las figuras de orfebrería y otras «microarquitecturas».¹¹³

En el Renacimiento los *modelos* se usan, como las actuales maquetas, para dar al cliente una idea del aspecto final de la construcción más intuitiva de la que pueden ofrecer los planos; además cumplen una cierta función de control de la obra y se utilizan para comprobar si las trazas realizadas en papel o en el suelo son exactas en la práctica y para la formación de los aprendices o como ejercicio de oposición.¹¹⁴ Los *modelos* como instrumento de estudio o de presentación de un edificio futuro no parecen derivar del tronco central de la tradición medieval.¹¹⁵

¹¹¹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567, f. 78 v.: «Et pour autant que la chose est difficile de soy mesme, il est aussi malaisé qu'elle se puisse entendre, sinon par ceux qui ont la Geometrie en main, & intelligence des traits avecques la peine qu'ils prendront de les contrefaire, couppant de petites pieces de boys ou de pierre tout ainsi comme si les vouloient mettre en oeuvre & appliquer en quelque grand bastiment».

¹¹² Peter MURRAY, *Architettura del Rinascimento*, Milán, Electa, 1971 (Tr. española de Juan Novella Domingo, *Arquitectura del Renacimiento*, Madrid, Aguilar, 1979, p. 18); François BUCHER, *Architector, The Lodge Books and Sketchbooks of Medieval Architects*, New York, Abaris, 1979, p. 118; José María GENTIL BALDRICH, «Sobre el proyecto de arquitectura en el Renacimiento. Traza y modelo en las 'Vidas' de Giorgio Vasari», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, p. 70; Lino CABEZAS GELABERT, «Los modelos tridimensionales de arquitectura», *Anales de Arquitectura*, 1993, p. 83.

¹¹³ François BUCHER, «Micro Architecture as the 'Idea' of Gothic theory and style», *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada Universidad, 1978, p. 488; Franz BISCHOFF, «Les maquettes d'architecture», en Roland Recht, ed., *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, pp. 287, 295, 294.

¹¹⁴ Howard BURNS, «Buiding and construction in Palladio's Vicenza», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 202; Fernando MARIAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, p. 97; Beatriz BLANCO ESQUIVIAS, «Sobre el debate entre arquitectos profesionales y arquitectos artistas en el Barroco Madrileño. Las posturas de Herrera, Olmo, Donoso y Ardemans», *Espacio, tiempo y forma*, 1991, p. 205.

¹¹⁵ Una opinión diferente es la de John FITCHEN, *The construction of Gothic Cathedrals. A study of medieval vault erection*, pp. 5-6 de la ed. de 1981: «the architect's models [...] have generally perished. There is a good deal of scattered evidence that scale models [...] were constructed for study and for instruction.

Conocemos un modelo en cera de la abadía de Saint-Germain de Auxerre, pero según Colombier, hay que identificarlo más con el final de una tradición antigua que con el principio de una tradición medieval, entre otras cosas por el material;¹¹⁶ el de Saint-Maclou de Rouen parece ser posterior a la construcción de la iglesia y en cualquier caso es muy tardío.¹¹⁷ En cambio, en Italia encontramos varias referencias a *modelos* en la época medieval, a partir del finales del siglo XIII, como el de Margaritone d'Arezzo para el palacio de los gobernadores de Ancona de 1270 o los de las capillas de Santa Maria del Fiore de Arnolfo del Cambio de 1286.¹¹⁸ Así, se trata de una tradición antigua que se habría perdido en Francia y España, pero pervivió en Italia, especialmente entre los escultores, como señala Gentil Baldrich.¹¹⁹

A partir del siglo XV, las referencias a *modelos* en el mundo arquitectónico italiano son innumerables,¹²⁰ y en el XVI se extienden a Francia y España. Philibert de L'Orme considera imprescindibles no ya uno, sino varios *modelos* de la obra y resalta la dificultad de componerlos «con todas sus proporciones y simetrías, lo que no se puede hacer sin gran saber y diligencia».¹²¹

Apparently, the only medieval example of a model, from northern France, that has survived to our time is that of the late Gothic church of St-Maclou at Rouen».

¹¹⁶ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 96 de la ed. de 1973; Leopold D. ETTLINGER, «La aparición del arquitecto italiano durante el siglo XV», en *The Architect. Chapters in the history of the profession*, pp. 111-112 de la trad. española, confirma que la cera se utilizaba en el mundo clásico. V. también Lon R. SHELBY, «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», *Speculum*, 1964, pp. 391-392, sobre la inexistencia de modelos en la Inglaterra medieval.

¹¹⁷ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 95 de la ed. de 1973; Spiro KOSTOF, «El arquitecto en la Edad Media, en Oriente y Occidente», en Spiro Kostof, ed., *The Architect. Chapters in the history of the profession*, p. 78 de la trad. española; Franz BISCHOFF, «Les maquettes d'architecture», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, p. 287.

¹¹⁸ V. Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 96 de la ed. de 1973; Leopold D. ETTLINGER, «La aparición del arquitecto italiano durante el siglo XV», en *The Architect. Chapters in the history of the profession*, pp. 110-112; Franklin TOKER, «Gothic architecture by remote control: an illustrated building contract of 1340», *Art Bulletin*, 1985, p. 70; Franz BISCHOFF, «Les maquettes d'architecture», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, p. 287; José María GENTIL BALDRICH, «Sobre el proyecto de arquitectura en el Renacimiento. Traza y modelo en las 'Vidas' de Giorgio Vasari», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, p. 73; Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 77.

¹¹⁹ José María GENTIL BALDRICH, «Sobre el proyecto de arquitectura en el Renacimiento ... », p. 72.

¹²⁰ V. José María GENTIL BALDRICH, *ibid.*, pp. 73-79.

¹²¹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 22 y 22 v.: «le seigneur [...] sçaura choisir les hommes pour bien dresser ses modelles, auecques toutes leurs proportions & symmetries, qui ne peuuent faire sans grand scauoir et & grande diligence». V. también f. 76 v.; Lino CABEZAS GELABERT, «Los modelos tridimensionales de arquitectura», *Anales de Arquitectura*, 1993, p. 10; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996, pp. 58-59; En cualquier caso, no parece que el consejo haya sido muy escuchado: v. Catherine GRODECKI, «Les chantiers de la noblesse et de la haute bourgeoisie dans la région parisienne d'après les archives notariales (1540-1600)», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 137.

El Conde de Tendilla escribe al Cardenal Cisneros en 1509 que su monasterio de San Antonio de Mondéjar «no parece sino que se hizo para modelo [como dicen en Italia] de otro mayor», lo que confirma el origen italiano de la palabra española.¹²² Cuando Diego Siloé se hace cargo de la catedral de Granada, entre sus primeras tareas está la construcción de una maqueta; también se emplean en el Palacio de Carlos V, ya en la década de los treinta.¹²³ Los modelos son frecuentes en Sevilla; se cuentan entre ellos los de Martín de Gaínza para las sacristías Mayor y de los Cálices de la Catedral, de 1534 y para el Hospital de la Sangre así como el de Hernán Ruiz para la Giralda de 1558, el de 1559 para el Monumento, y el de 1575 de la Capilla Real.¹²⁴ Juan Bautista de Toledo recibe el encargo de hacer *modelos* de las residencias reales y de El Escorial¹²⁵; la capacidad de hacer o dirigir maquetas de Juan de Herrera era proverbial, tanto como sus habilidades de dibujante y se pueden señalar entre ellas los «modelillos» de los tejados del Escorial, del templete de los Evangelistas, del palacio de Carlos V y del Alcázar de Toledo,¹²⁶

¹²² Manuel GÓMEZ-MORENO Y MARTÍNEZ, «Sobre el Renacimiento en Castilla. Notas para un discurso preliminar», *Archivo Español de Arte y Arqueología*, 1925, p. 24. V. también Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 505: «En obras importantes y problemáticas, a los alzados acompañaban modelos, práctica que parece haberse introducido por los viajeros a Italia».

¹²³ Carl JUSTI, *Miscellaneen aus drei Jahrhunderten spanischen Kunstlebens*, Berlín, G. Grote, 1908 (Trad. esp. de Eduardo Ovejero, *Estudios sobre Arte Español*, Madrid, La España Moderna, s. f.); Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, pp. 60, 75, 185-186 de la ed. de 1983; Earl E. ROSENTHAL, *The Cathedral of Granada*, pp. 29-30, 31, 34 de la trad. española; Rafael LÓPEZ GUZMÁN, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, Granada, Diputación, 1987, p. 561; Fernando MARÍAS, «Trazas, trazas, trazas. Tipos y funciones del diseño arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 354, que pone de manifiesto la influencia italiana y el carácter pionero de estos *modelos* granadinos.

¹²⁴ Antonio de la BANDA Y VARGAS, *El arquitecto andaluz Hernán Ruiz II*, pp. 49, 132; Teodoro FALCÓN MÁRQUEZ, *La Catedral de Sevilla. Estudio arquitectónico*, Sevilla, 1980, pp. 47, 59, 61-62, 137, 149; Fernando MARÍAS, «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 256; Alfredo J. MORALES, «El proyecto arquitectónico en la Sevilla del Renacimiento. Elementos y condicionantes», en *Juan de Herrera y su influencia*, pp. 341-350; Lino CABEZAS GELABERT, «Los modelos tridimensionales de arquitectura», *Anales de Arquitectura*, 1993, p. 12; José María GENTIL BALDRICH, «La traza oval y la Sala Capitular de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica.», pp. 119, 121, añade a los modelos de Gainza el de un proyecto no ejecutado de la Sala Capitular. V. también acerca de modelos de Andrés de Vandelvira y Diego de Vergara para la catedral de Málaga, Antonio de la BANDA Y VARGAS, *El arquitecto andaluz Hernán Ruiz II*, p. 43.

¹²⁵ Fray José de SIGÜENZA, *Historia de la Orden de San Jerónimo*, libro III, discursos IV y XII; George E. KUBLER, «Galeazzo Alessi e l'Escoriale», en *Galeazzo Alessi e l'architettura del cinquecento. Atti del Convegno Internazionale di studi*, Génova, Sagep, 1975, p. 599; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 26-27; Juan José MARTÍN GONZÁLEZ, «Felipe II planifica el diseño arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 334-335; José María GENTIL BALDRICH, «La interpretación de la 'scenografía' vitruviana o una disputa renacentista sobre el dibujo del proyecto», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, p. 21; sobre *modelos* del Hospital de Tavera toledano, v. Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, pp. 107, 108, 445, 448.

¹²⁶ Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. II, p. 6; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, «Juan de Herrera y el Escorial», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 20; *La octava maravilla del mundo*, pp. 443, 648; Lino CABEZAS GELABERT, «Los modelos tridimensionales de arquitectura», *Anales de*

lo que no debe sorprender si recordamos que la práctica viene de los ambientes artísticos del Renacimiento italiano y no de la tradición medieval hispano - francesa de la cantería. Cristóbal de Rojas realiza un modelo que refleja sus intervenciones en la fortificación de Cádiz para Felipe II, que los consideraba más ilustrativos que las plantas;¹²⁷ en 1611 el visitador de la obra del monasterio santiagués de San Martín Pinario manda que se siga «la traza y modelo» de Ginés Martínez de Aranda.¹²⁸

En cuanto a los materiales, en Italia tenemos en un primer momento *modelos* de yeso, como los de Francesco Talenti y Andrea Orcagna en 1357 para las columnas de Santa Maria del Fiore, de ladrillo cubierto de yeso, como el de Antonio di Vincenzo para la catedral de Bolonia de 1390 o de madera enyesada como el milanés de Tavanino de Castelseprio de 1389.¹²⁹ Entrado el siglo XV comienza a generalizarse la madera, sobre todo de nogal,¹³⁰ como en el *modelo* la de la linterna de Santa Maria del Fiore, el del Palazzo Strozzi de 1485, los de la fachada de San Lorenzo de Florencia de 1518,¹³¹ y los conocidísimos de San Pedro

Arquitectura, 1993, p. 12; Rafael LÓPEZ GUZMÁN, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, Granada, Diputación, 1987, p. 563.

¹²⁷ Eduardo MARIÁTEGUI, *El Capitán Cristóbal de Rojas, ingeniero militar del siglo XVI*, Madrid, CEHOPU, 1985, p. 49; Ramón GUTIÉRREZ, «Comentario preliminar sobre Cristóbal de Rojas y su Tratado de Fortificación», en Cristóbal de ROJAS, *Tres tratados sobre fortificación y milicia*, Madrid, CEHOPU, pp. 10,15, también señala otro modelo para Gibraltar.

¹²⁸ Es preciso estudiar esta frase cuidadosamente, pues «modelo» puede querer decir tanto maqueta como dibujo. En 1563 Juan Bautista de Toledo recibe «seis cuadernos de papel de marca mayor para el modelo» según Catherine WILKINSON, «Building from drawings at the Escorial», *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, París, Picard, 1991, p. 263, nota 2. Wikinson interpreta, creemos que correctamente, que se trata de dibujos, aunque existen en épocas posteriores modelos de madera recubiertos de papel, como el de la Catedral de Valladolid, estudiado por Eduardo CARAZO LEFORT, «El modelo de la Catedral de Valladolid», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, p. 95. V. para todo esto Juan José MARTÍN GONZALEZ, «Formas de representación en la arquitectura clasicista española del siglo XVI», en *Herrera y el clasicismo*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1986, p. 25. En San Martín Pinario podría entenderse que hay que entender que hay planos y una maqueta, pues de lo contrario la referencia a la «traza y modelo» sería redundante, pero la misma frase aparece en los documentos se la catedral de Guadix que exigen que la obra se haga «Conforme a la **traza e modelo** que a dado pintado en un pliego de papel». V. Carlos ASENJO SEDANO, «Diego de Siloé en la Catedral de Guadix», en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, Universidad de Granada, 1977, p. 215.

¹²⁹ Paul FRANKL, «The secret of the Medieval Mason», *Art Bulletin*, 1945, p. 51; Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 96 de la ed. de 1973; Leopold D. ETTLINGER, «La aparición del arquitecto italiano durante el siglo XV», en *The Architect. Chapters in the history of the profession*, p. 112 de la trad. española.

¹³⁰ Felice RAGAZZO, «I modelli lignei delle opere di Leon Battista Alberti alla mostra di Palazzo Te», en *Leon Battista Alberti*, Milán, Electa, 1994, p. 411.

¹³¹ James S. ACKERMAN, *The Architecture of Michelangelo*, Londres, Zwemmer, 1961 (2ª ed. de bolsillo, Londres, Pelican, 1986, pp. 63-64); Wolfgang LOTZ, «El Cinquecento», *Architecture in Italy 1400-1600*, Hardmondsworth, Pelican, 1974 (Tr. esp. de Carlos Laguna y José Casas, *Arquitectura en Italia 1400-1600*, Madrid, Cátedra, 1991 pp. 380, 383); Eugenio BATTISTI, *Filippo Brunelleschi*, Milán, Electa, 1976, p. 122.

de Roma, por Rafael hacia 1514, Antonio da Sangallo en 1546 y Miguel Angel en 1557.¹³² No tan frecuente es el barro, presente en las figuras que utilizaba Piero della Francesca para preparar sus cuadros, el famoso *modelo* de terracota de la escalera del vestíbulo de la biblioteca Laurenziana de Florencia,¹³³ o los también miguelangelescos de la iglesia de San Pedro.¹³⁴ Además de la omnipresente madera, Brunelleschi utiliza la fábrica para los *modelos* muy grandes, siguiendo la tradición florentina, pero también el barro, el insólito nabo y la cera clásica; que ésta era un material de escultores, lo demuestra Miguel Angel, que lo emplea en el *David*, en las tumbas de Julio II y en las esculturas de la fachada de San Lorenzo.¹³⁵ Para usos militares se emplea el corcho, no sólo porque facilita la representación del terreno sino por su ligereza.

En Francia, encontramos la madera en la maqueta de la escalera de Chambord de 1518, vinculada a Leonardo; Philibert de L'Orme dice que los *modelos* «serán de madera o de papel, o de cartón, o de otra materia a propósito» y más adelante

¹³² Giorgio VASARI, *Le vite de' piú eccellenti architetti, pittori et scultori italiani*, Florencia, Lorenzo Torrentino, 1550, p. 880; Charles de TOLNAY, *Michelangelo. Pittore, scultore, architetto*, Florencia, 1951 (Trad. española de Aurelio Martínez Benito, Madrid, Alianza, 1985, pp. 117-119) da 1558 para la maqueta de madera de la cúpula y 1557 para una maqueta más pequeña de barro; James S. ACKERMAN, *The Architecture of Michelangelo*, Londres, Zwemmer, 1961, p. 63 de la 2ª ed. Pelican; Rudolf WITTKOWER, *Michelangelo's Dome of St Peter's*, 1970 (Conferencia en Wellesley College, ahora en *Idea and Image*, Londres, Thames and Hudson, 1978, pp. 76-79); Wolfgang LOTZ, «El Cinquecento», pp. 261, 267, 317-318, 400-402 de la trad. española.

¹³³ Heinrich WÖLFFLIN, *Renaissance und Barock*, Munich, 1888 (Tr. española, *Renacimiento y Barroco*, Madrid, Alberto Corazón, 1977, p. 90); Rudolf WITTKOWER, «Michelangelo's Biblioteca Laurenziana», *Art Bulletin*, 1934 (Ahora en *Idea and Image*, Londres, Thames and Hudson, 1978, pp. 21, 38); Wolfgang LOTZ, «El Cinquecento», p. 386 de la trad. española.

¹³⁴ Charles de TOLNAY, *Michelangelo. Pittore, scultore, architetto*, Florencia, 1951, pp. 115, 117 de la trad. española; James S. ACKERMAN, *The Architecture of Michelangelo*, Londres, Zwemmer, 1961, pp. 113, 204-208 de la ed. de 1986; Rudolf WITTKOWER, *Michelangelo's Dome of St Peter's*, 1970 (Conferencia en Wellesley College, ahora en *Idea and Image*, Londres, Thames and Hudson, 1978, p. 76); Leopold D. EITTLINGER, «La aparición del arquitecto italiano durante el siglo XV», en *The Architect. Chapters in the history of the profession*, p. 112 de la trad. española; Catherine WILKINSON, «The new professionalism in the Renaissance», *ibid.*, p. 141 de la trad. española; Juan José MARTÍN GONZALEZ, «Formas de representación en la arquitectura clasicista española del siglo XVI», en *Herrera y el clasicismo*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1986, p. 26; Christof THOENES, «La teoría del dibujo de arquitectura en los tratados italianos del Renacimiento», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 383; José María GENTIL BALDRICH, «Sobre el proyecto de arquitectura en el Renacimiento. Trazo y modelo en las 'Vidas' de Giorgio Vasari», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, pp. 72, 75.

¹³⁵ Giorgio VASARI, *Le vite de' piú eccellenti architetti, pittori et scultori italiani*, Florencia, Lorenzo Torrentino, 1550, f. 312-313, 320; Giulio Carlo ARGAN, *Brunelleschi*, Milán, Mondadori, 1955 (Tr. española de Juan Bassegoda Nonell, *Brunelleschi*, Madrid, Xarait, 1981, p. 55); Wolfgang LOTZ, «El Cinquecento», p. 380 de la trad. española; Eugenio BATTISTI, *Filippo Brunelleschi*, Milán, Electa, 1976, pp. 122, 226; José María GENTIL BALDRICH, «Sobre el proyecto de arquitectura en el Renacimiento. Trazo y modelo en las 'Vidas' de Giorgio Vasari», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, p. 74; Lino CABEZAS GELABERT, «Los modelos tridimensionales de arquitectura», *Anales de Arquitectura*, 1993, p. 7.

habla de madera, piedra franca o cualquier otro material.¹³⁶ En Flandes encontramos madera y yeso, según Heuvel,¹³⁷ lo que puede deberse a una doble influencia española e italiana.

En el ámbito hispánico, tenemos *modelos* de yeso para las sacristías Mayor y de los Cálices de la Catedral de Sevilla¹³⁸ o el Hospital de Tavera toledano.¹³⁹ En cambio, la madera se utiliza para asuntos que bordean lo escultórico, como los sevillanos de ángeles, rejas y custodias de los que nos habla Morales; también se emplea en la Catedral de Granada y el palacio de Carlos V, convive con el yeso en el Hospital de Afuera y predomina en el Escorial, tanto en las de las fuentes como en la maqueta de la «traza universal» o la de la iglesia;¹⁴⁰ también los ingenieros italianos al servicio de Felipe II usan la madera, como Spanocchi.¹⁴¹ El hierro es muy infrecuente y sólo parece emplearse para representar elementos realizados en este metal, como algunas rejas escurialenses.¹⁴²

Los modelos a los que se refiere Aranda eran probablemente de yeso. Rojas habla de modelos de yeso y barro; San Nicolás opta siempre por el yeso; Goiti, en su prólogo al *Libro de trazas de cortes de piedras*, dice que «he gastado mucho

¹³⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 22 v.: «Puis dresser ses modelles qui seront de boys ou de papier, ou de charte, ou d'autre matiere, ainsi qu'elle luy viendra à propos» y f. 61 v.: «[...] conuiendroit [...] le tout contrefaire en bois, ou quelque pierre tendre, ou en autre matiere». V. también f. 78 v. y Jean GUILLAUME, «L'escalier dans l'architecture française: la première moitié du XVI^e siècle», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, pp. 31-32.

¹³⁷ Charles van der HEUVEL, «El problema de la ciudadela: Amberes. La función de los diseños y memorias en la segunda mitad del siglo XVI», *La città e le mura*, Roma - Bari, Laterza, 1989, p. 181 de la ed. española, *La ciudad y los muros*, Madrid, Cátedra, 1991.

¹³⁸ Antonio de la BANDA Y VARGAS, *El arquitecto andaluz Hernán Ruiz II*, p. 122; Teodoro FALCÓN MÁRQUEZ, *La Catedral de Sevilla. Estudio arquitectónico*, p. 59; Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 403; «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 256; Alfredo J MORALES, «El proyecto arquitectónico en la Sevilla del Renacimiento. Elementos y condicionantes», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 342.

¹³⁹ Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, p. 138.

¹⁴⁰ Para Sevilla, v. Alfredo J. MORALES, «El proyecto arquitectónico en la Sevilla del Renacimiento. Elementos y condicionantes», p. 343; para Granada, Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, pp. 75, 185-186 de la ed. de 1983 y *Diego de Siloé*, p. 79; Earl E. ROSENTHAL, *The Cathedral of Granada*, pp. 29-30 de la trad. española; para Toledo, Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, p. 138; Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, p. 332; para El Escorial, Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «La obra como espectáculo: el dibujo de Hatfield», en *Las casas reales. IV centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, 1986, p. 58; Juan José MARTÍN GONZÁLEZ, «Formas de representación en la arquitectura clasicista española del siglo XVI», p. 25, 26; José María GENTIL BALDRICH, «La interpretación de la 'scenografía' vitruviana o una disputa renacentista sobre el dibujo del proyecto», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, p. 20-21.

¹⁴¹ Alicia CÁMARA MUÑOZ, «Fortificación, ciudad y defensa de los reinos peninsulares en la España imperial», *La città e le mura*, Roma - Bari, Laterza, 1989, p. 102 de la ed. española, *La ciudad y los muros*, Madrid, Cátedra, 1991.

¹⁴² Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 149.

tiempo en [...] probar los más de los cortes haciendo sus piezas de yeso».¹⁴³ Parece que la predilección de Rojas y San Nicolás por el yeso se debe a la facilidad con que se pueden practicar en él los «cortes» de la cantería.¹⁴⁴ En el contrato suscrito por Francisco de Goycoa para la formación de Bartolomé de Anchia promete enseñarle a

contrahacer diferentes trazas de edificios en volúmenes pequeños cortando en yeso y en otras cosas enseñándole los baiveles y cortes de piedras para cerrar cualquier vuelta, así de capillas romanas como de obra francesa y pechinas y capialzados.¹⁴⁵

Así pues, el «corte» de la piedra con la escoda se representa fácil y rápidamente con el corte del yeso mediante el cuchillo o la gubia, lo que explica la predilección de San Nicolás por este material.

Los modelos se emplean, no sólo para comprobar el efecto estético de una obra de arquitectura, sino la viabilidad o el buen funcionamiento de una fortaleza, un muelle, un andamio, una grúa, una cimbra o una máquina.¹⁴⁶ Es muy interesante la noticia que aporta García Tapia: Pedro de Santana presenta en 1590 el *modelo* de un ingenio basado en una cadena de cangilones para bajar piedras en el muelle de Málaga.¹⁴⁷ Santana, apoyado por el corregidor, defiende el buen funcionamiento de la máquina basándose en el *modelo*, pero el ingeniero Bussoto se opone indicando que «el ingenio en pequeño [...] parece cosa fácil, pero el hacerlo en grande se verá el inconveniente y el gasto». Un factor que debió propiciar el

¹⁴³ Felipe Lázaro de GOITI, Prólogo a Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 12719; Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, s. l. (Madrid), Imprenta de Juan Sanchez, 1639, f. 65 v., 67 v., 69; v. Fernando MARÍAS, «Trazas, trazas, trazas. Tipos y funciones del diseño arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, p. 353, y Enrique RABASA DÍAZ, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, p. 153.

¹⁴⁴ V. Lino CABEZAS GELABERT, «Los modelos tridimensionales de arquitectura», *Anales de Arquitectura*, 1993, p. 83.

¹⁴⁵ Contrato entre Francisco de Goycoa y el maestro Juan de Anchia para el aprendizaje de Bartolomé de Anchia, suscrito en Cuenca en 1568; cit. Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 455-456.

¹⁴⁶ Francesco di GIORGIO MARTINI, *Codice Torinese Saluzziano 148* (Ed. Corrado Maltese y Livia Maltese Degrassi, *Tratatti di architettura, ingegneria e arte militare*, Milán, Il Polifilo, 1967, p. 142); Giorgio VASARI, *Le vite de' più eccellenti architetti, pittori et scultori italiani*, 1550, pp. 317, 318, 324; Girolamo MAGGI y Jacopo CASTRIOTO, *Della fortificatione delle città ... Libri III*, Venecia, Rutilio Borgominiero, 1564, f. 18 v.; Fray José de SIGÜENZA, *Historia de la Orden de San Jerónimo*, libro III, discurso XII; J. R. HALE, *Renaissance fortification: Art or Engineering?*, p. 34; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 294; Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», en *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, pp. 14-59; Luisa TORTOSA ROBLEDO y M^a Carmen VEDREÑO ALBA, «La Capella del Rei Alfons el Magnànim al Monestir de Sant Doménech de València», *ibid.* p. 78; Alicia CÁMARA MUÑOZ, *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, pp. 103, 105, 132, 134.

¹⁴⁷ Nicolás GARCÍA TAPIA, *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento Español*, Valladolid, Universidad, 1990, pp. 182-183. Cf. con los modelos de bombas para elevar el agua de Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 23.

empleo de *modelos* como instrumento de verificación geométrica y mecánica de máquinas y *trazas* es la costumbre de hacerlos desmontables, que en el Escorial permite su transporte, y que se ha mantenido hasta nuestros días.¹⁴⁸

También se usan los *modelos* en España para comprobar si las *trazas* realizadas en papel o en el suelo son exactas en la práctica o si el comportamiento mecánico de las estructuras es fiable.¹⁴⁹ Francisco del Castillo, en su oposición a la maestría mayor de la catedral de Granada, presenta como mérito «las muestras que yo hice de figuras de barro y el ensayo y demostración que hice para dar a entender como se han de instanciar y restribar los arcos y bóvedas».¹⁵⁰ Fray Laurencio de San Nicolás es aún más explícito: primero se ha de concebir una solución para la *traza*, analizando el problema teóricamente, de forma «especulativa»; y en una segunda fase se comprueba la validez de la solución experimentalmente por medio de maquetas.¹⁵¹

Estos modelos tienen no sólo una función heurística, sino didáctica; sirven no sólo al maestro para comprobar la exactitud de las nuevas *trazas* que ha ideado, sino al aprendiz para fijar las ideas y asimilar en la práctica la enseñanza del maestro; en palabras de Philibert «convendría [...] contrahacerlo todo en madera, o en piedra blanda, o en cualquier otra materia, para hacerlo visible, fácil e inteligible a todos».¹⁵²

¹⁴⁸ Giorgio VASARI, *Le vite de' più eccellenti architetti, pittori et scultori italiani*, 1550, p. 322; Felice RAGAZZO, «I modelli lignei delle opere di Leon Battista Alberti alla mostra di Palazzo Te», p. 409; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 26-27, 44; V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 163 de la ed. de 1991; sobre la anécdota de la «chaire à prêcher» desmontable de Montpellier, v. Jacques ICHER, *La France des compagnons*, París, La Martinière, 1994.

¹⁴⁹ Por el contrario en Italia las pruebas de su uso son difusas; v. Salvatore di PASCUALE, «Scienza e tecnica del costruire», en *Firenze e la Toscana dei Medici nell'Europa del Cinquecento. Il potere e lo spazio. La scena del Principe*, Florencia, Edizione Medicee, 1980, p. 80.

¹⁵⁰ Documentos de la oposición a maestro mayor de la catedral de Granada, 1576, cit. en Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura en el Renacimiento andaluz* p. 43. V. también Jacques HEYMAN, «On the rubber vaults of the middle age and other matters», *Gazette des Beaux-Arts*, 1968. (Tr, española de María Teresa Valcarce Labrador, en *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1995, p. 92), que da por supuesto su empleo basándose en el gran tamaño de la maqueta de San Petronio de Bolonia.

¹⁵¹ Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, 1639, f. 67 v., 100. V. Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 77.

¹⁵² Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 61 v.: «[...] conuiendroit [...] le tout contrefaire en bois, ou quelque pierre tendre, ou en autre matiere, pour le rendre visible, facile, & intelligible à tous». V. también Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, 1639, f. 67 v.; P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, Preface; Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 77.

En Italia encontramos algunos ejemplos aislados de modelos a tamaño natural, como la cornisa del Palazzo Farnese y todo un tramo de la basílica vicentina.¹⁵³ Pero no parece que la práctica llegue a España, a pesar de que la floreciente arquitectura efímera de nuestro siglo XVI podría haberlo favorecido. De todas formas, las escalas son a veces bastante grandes: en El Escorial «se pasa el modelo del monasterio a los desvanes altos porque se desembarace el aposento donde estaba y sirva para algún oficial».¹⁵⁴ En el siglo XVI se comienza a comprender que la limitación de los modelos está precisamente en estar hechos a escala; De L'Orme advierte que

no hay que quedarse en un solo modelo de toda la obra [...] porque al preparar uno solo, se ve bien la forma de lo que se quiere hacer, pero todas las partes son tan pequeñas y están tan escondidas que no es fácil juzgar [...] como será todo cuando la obra este terminada [...] el modelo de toda la obra parece muy pequeño y no representa en todo la majestad del edificio [...] varias cosas puestas en pequeño modelo y volumen, jamás se corresponden a lo que representan y prometen cuando están puestas en obra y en grande¹⁵⁵

Del mismo modo advierte Cristóbal de Rojas sobre las limitaciones en la precisión de los modelos; de esta forma se abre el camino que llevará paulatinamente al abandono de esta práctica.

9

Construcción de bisectrices y perpendiculares

Cristóbal de Rojas ofrece en la *Teórica y práctica de fortificación* el método de la proposición novena del primer libro de los *Elementos* de Euclides para dividir un ángulo en dos partes [61].¹⁵⁶ Dado el ángulo $A B C$ se trata de tomar sobre $A B$ y $A C$ distancias iguales, obteniendo los puntos D y E ; se unen estos dos puntos y tomando $D E$ como base, se construye un triángulo equilátero cuyo tercer vértice será G . Uniendo A con G tenemos la bisectriz del ángulo $A B C$ y con esto queda resuelto el problema.

¹⁵³ James S. ACKERMAN, *Palladio*, Londres, Pelican, 1967, p. 90; Wolfgang LOTZ, «El Cinquecento», p. 327 de la trad. española; Howard BURNS, «Building and construction in Palladio's Vicenza», en *Les Chantiers de la Renaissance*, 1991, p. 201.

¹⁵⁴ Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 188.

¹⁵⁵ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 22 v.-23: » [...] *il ne se fault arrester à vn seul modèle de tout l'oeuvre* [...] car pour en dresser vn seul, on y voit la forme de ce qu'on veult faire, mais toutes les parties y sont si petites & si cachées qu'il n'est facile d'en iuger [...] comme le tout se comportera apres que l'oeuvre sera faicte [...] le modèle de tout l'oeuvre se monstre trop petit & ne represente en tout la maiesté du bastiment [...] plusieurs choses mises en petit modèle ou volume, iamais ne correspondent à ce qu'elles representent & promettent estans mises en plus grand & en oeuvre».

¹⁵⁶ EUCLIDES, *Elementos*, 1.9; Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 6; hay que tener en cuenta que por error está foliado como 3.

Figura 61. Cristóbal de Rojas, Teórica y práctica de fortificación, f. 6.

Figura 62. Cristóbal de Rojas, Teórica y práctica de fortificación, f. 7.

La construcción de perpendiculares es una operación esencial a todas luces en los trazados de cantería. Sirve, obviamente, para trazar líneas que por el diseño deban ser perpendiculares, como jambas de arcos o lados de patios;¹⁵⁷ pero sobre todo para pasar de planta a alzado y viceversa, dado que los alzados se obtienen por abatimiento alrededor de un eje; las líneas que relacionan las proyecciones en planta y en alzado de un mismo punto son perpendiculares al eje. Así, en la primera *traza* del manuscrito¹⁵⁸ se construye el alzado de una testa recta, que es un arco de medio punto; se bajan las proyecciones de las juntas de intradós a la planta mediante perpendiculares a la charnela hasta intersectar con la otra testa; y a partir de ahí se hace la operación inversa, levantado perpendiculares a la otra testa para construir el alzado correspondiente. También se utiliza para pasar de alzado a perfil, como en la serie de los *Arcos avanzados* en talud, bóveda o vuelta de horno.¹⁵⁹

En esto Aranda actúa como De L'Orme y Vandelvira;¹⁶⁰ sin embargo en el *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*¹⁶¹ introduce una construcción tomada de Cristóbal de Rojas que no figura en De L'Orme ni en Vandelvira, consistente en obtener las plantillas de intradós y lecho abatiendo alrededor de una junta de intradós horizontal pero oblicua a las testas, para lo cual traza perpendiculares a la charnela; la construcción desempeña un papel central en los *Cerramientos*, como iremos viendo.

Cuando las perpendiculares son cortas se pueden trazar con escuadra; para segmentos más largos, los canteros del Renacimiento disponían de algunas construcciones prácticas.¹⁶² Como hemos visto, en la *Geometria deutsch* Mathes Roriczer propone una construcción sencilla «para hacer una escuadra correcta»; pero no resulta práctica para trazar perpendiculares, dado que parte de dos líneas oblicuas cualesquiera y no de una de las dos perpendiculares; por tanto su utilidad parece reducirse a la comprobación de escuadras.¹⁶³

¹⁵⁷ V. p. ej. Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 6, 110, 112, entre otras muchas.

¹⁵⁸ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 6-8, y p. 41 y ss. del Tomo II de este trabajo.

¹⁵⁹ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 48-66, y pp. 140-171 del Tomo II de este trabajo.

¹⁶⁰ P. ej., Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 71-72; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1580, f. 23 r. y 25 v. de la numeración original, ofrecida por Barbé entre paréntesis redondos.

¹⁶¹ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 16-17, y p. 76 y ss. del Tomo II de este trabajo.

¹⁶² V. Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 33; Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, p. 55 de la ed. de 1993.

¹⁶³ Mathes RORICZER, *Geometria Deutsch*, f. 1. Ed. y traducción inglesa de Lon R. Shelby en *Gothic Design Techniques*, Carbondale, Southern Illinois University Press, 1977. V. también Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, pp. 211-212 y 320-321, según el cual el *Cuaderno* de Villard de Honnecourt incluiría de forma críptica dos construcciones para trazar ángulos rectos con la sola ayuda del compás; pero como en la construcción de Roriczer, ninguna de las dos permite trazar una perpendicular por un punto dado, ni

Cristóbal de Rojas recoge la duodécima proposición del libro primero de los *Elementos* [62], que ofrece un medio para trazar una perpendicular a una recta **A B** desde un punto exterior **C**.¹⁶⁴ Se trata de trazar un círculo con centro en **C** y radio suficiente para que corte a **A B** en dos puntos **D** e **I**. A continuación se aplica la regla de división de ángulos de la proposición novena del primer libro de los *Elementos* que Rojas acaba de exponer en la página anterior. Es decir, se construye un triángulo equilátero que tiene por base **ID** y se une el vértice **C** con el punto medio de **ID**, con lo que tenemos la perpendicular buscada que intersectará a **A B** en el punto **N**.

Vandelvira ofrece de una forma un tanto confusa una construcción [63] para trazar una perpendicular a una recta por un punto de la propia recta.¹⁶⁵ Trazada la recta, «en ella tomarás dos partes del tamaño que te pareciere como parece de la **A** a la **B** y su medio es la **C**». A continuación se trazan arcos con el mismo radio desde **A** y **B**; uniendo sus intersecciones tendremos la perpendicular. Decimos que es una construcción un tanto confusa porque si se toman **A** y **B** «como te pareciere» el punto de paso será aleatorio. Más que ofrecer una construcción práctica, parece que simplemente Vandelvira está intentando explicar el concepto de perpendicularidad. Pero si esto no es la construcción práctica estamos muy cerca, pues bastará con trazar arcos desde un **C** dado con radios iguales y obtener **A** y **B** a la misma distancia de **C** y conseguir que la perpendicular pase por ella.¹⁶⁶

Todo esto parece derivar de la undécima proposición del primer libro de los *Elementos*, pero es interesante observar que si Euclides construye un triángulo equilátero de base **A B**, Vandelvira nos dice «abrirás el compás lo que te pareciere y pondrás la una punta en la **A** y con la otra harás la cercha **D**», con lo que generaliza la proposición; sin embargo, en la práctica Vandelvira sí sigue la construcción euclídea, pues el arco **D** tiene una longitud sensiblemente igual a **A B**, al menos en el manuscrito de la Escuela de Arquitectura de Madrid. Es decir, Vandelvira conoce en teoría una generalización de la undécima proposición, pero en la práctica prefiere aplicar el procedimiento euclidiano.¹⁶⁷

exterior ni propio, al menos tal como las expone Bechmann; en caso de ser correcta la interpretación, su utilidad se centraría en la construcción o comprobación de escuadras.

¹⁶⁴ EUCLIDES, *Elementos*, 1.12; Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 6 v.; hay que tener en cuenta que por error el 6 r. está foliado como 3.

¹⁶⁵ Cf. EUCLIDES, *Elementos*, 1.12.

¹⁶⁶ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 3 v. Lo mismo sucede en Juan ARFE Y VILLAFANE, *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura*, Sevilla, Andrea Pescioni y Juan de León, 1585, l. I, f. 3.

¹⁶⁷ Vandelvira debía conocer perfectamente la construcción de los *Elementos*, pues aparece en Juan Pérez de Moya, *Fragmentos Matemáticos*, f. 45-46, obra citada en el *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 4 r.

Figura 63. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 3 v.

Figura 64. Philibert de l'Orme, Le Premier Tome de l'Architecture, f. 34 v.

Figura 65. Philibert de l'Orme, Le Premier Tome de l'Architecture, f. 34.

Figura 66. Philibert de l'Orme, Le Premier Tome de l'Architecture, f. 35.

Otra solución alternativa es la que ofrece De L'Orme, especialmente indicada para el replanteo de todo un edificio, donde la precisión es crítica [64, 65]. Dada una recta y un punto *I* sobre ella, se traza otro punto *H* sobre la recta a una distancia dada, con un compás, una regla con dos punteros en los extremos o una cuerda. A continuación se trazan dos arcos con radio *I H* y centros en *I* y en *H*; donde se crucen estos dos arcos *L* y *K*, estará el punto *B*, y quedará formado el triángulo equilátero *I B H*. Prolongando *B H* y trazando un arco del mismo radio que los anteriores obtenemos el triángulo isósceles *I M B*. Ahora bien, tanto el ángulo *B I H* como *I B H* valen la tercera parte de un semicírculo, y por tanto el ángulo *M B I*, que es su suplementario, vale dos terceras partes del semicírculo; como consecuencia, tanto *M I B* como *B M I* valdrán la sexta parte de un semicírculo; y *M I H*, que es la suma de *B I H* y *B I M* valdrá la tercera parte más la sexta parte de un semicírculo, es decir, un recto, y por tanto *M I* será la perpendicular a *I H* que buscamos. El procedimiento es especialmente indicado para ponerlo en práctica con una cuerda o una regla con dos punteros en los extremos, pues los cuatro arcos empleados tienen el mismo radio, que en principio puede ser cualquiera, aunque en la práctica se puede jugar con él de manera que *I M* sea de una dimensión similar al segmento que queremos trazar, con lo que la precisión será óptima.¹⁶⁸

Otro procedimiento ofrecido por De L'Orme es el del triángulo pitagórico o egipcio [66]; si queremos trazar una perpendicular a una recta por el punto *I* contenido en ella, sobre la línea base se toma un segmento de cuatro unidades con uno de sus extremos en *I*, obteniendo así el punto *G*; con centro en *I* se traza un arco de radio tres unidades y con centro en *G* otro de cinco; se encontrarán en *H*, y *H I* será perpendicular a *I G*. Comenzar el proceso por el segmento de cuatro unidades demuestra oficio, pero la construcción es más laboriosa que la anterior, a pesar de su aparente simplicidad, y se diría que De L'Orme la incluye más para demostrar su conocimiento de Vitruvio y el teorema de Pitágoras que como una regla práctica.¹⁶⁹

¹⁶⁸ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 33 v.-34; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996, pp. 61-64.

¹⁶⁹ Marco VITRUBIO POLION, *De Architectura*, prefacio al l. IX; Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 35 - 35 v. De L'Orme probablemente usó *Architecture, ou Art de bien bastir*, París, 1547, tr. francesa de Vitruvio por Jean Martin, con prólogo e il. de Jean Goujon, que en su l. IX, cap. II, f. 122 v. trata «DE L'EQUIERRE INVENTÉ PAR PYTHAGORAS au moyen de la formation d'un Triangle orthogone, c'est a dire d'angles ou coingz droictz»; en otras ediciones de Vitruvio este pasaje figura en la introducción al libro IX. Paul FRANKL, «The secret of the Medieval Mason», *Art Bulletin*, 1945, p. 56 defiende la sencillez de trazado del triángulo egipcio, pero probablemente se está refiriendo a otros métodos de trazado como la cuerda de doce nudos de la que habla José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, p. 85. Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, p. 55 de la ed. de 1993, también se

Trazado de paralelas

La construcción de paralelas o líneas «a trainel» también es una operación frecuente en los trazados de cantería. Además de elementos que deban ser paralelos entre sí, como las testas de los arcos, sirve para obtener los abatimientos de líneas paralelas a la charnela, que conservan su paralelismo.¹⁷⁰ En el palimpsesto de Reims, las paralelas se construyen marcando dos puntos en el pergamino con una punta afilada, quizá la de un compás, pero como señala Branner, el empleo de la técnica no es general en esa época ya que en el juego de dibujos de la catedral de Estrasburgo no hay muestras de tales marcas.¹⁷¹

Cristóbal de Rojas ofrece un método para trazar una paralela a una recta por un punto dado [67], relacionado en parte con la proposición trigésimo primera del libro primero de los *Elementos* [68]. Se trata simplemente de tomar dos puntos situados en **B**, tales como **E** y **R**; desde ambos se trazan dos arcos **D** con el mismo radio y «se tirará una recta que toque justamente por de fuera las dos porciones», lo que equivale a trazar dos perpendiculares a **B** por **E** y **R**, cuando en los *Elementos* se traza una recta que forma un ángulo cualquiera con **B**. Decimos «equivale a trazar», pero lo cierto es que las perpendiculares no se llegan a trazar, lo que hubiera mejorado la precisión del procedimiento.¹⁷²

Más cerca de una construcción práctica está Juan de Arfe [69], que traza dos curvas de igual radio que intersectan a la recta de partida y después recomienda «en aquellas líneas señalar el ancho en que quieren poner la otra línea recta»; esto puede hacerse trazando dos arcos de igual radio con centro en las intersecciones de la recta de partida con los dos arcos anteriores, lo que resuelve el problema, pero Arfe no llega a explicarlo con claridad.¹⁷³

En muchas ocasiones Martínez de Aranda nos dice: *galgarás la linea recta X*. Nos está proponiendo una forma de trazar paralelas basada en el uso de la *galga*, es decir, de una regla en la que se hacen muescas para tomar medidas. Así, por ejemplo en el *Arco viaje contra cuadrado por testa*,¹⁷⁴ nos dice *tomaras el ancho de su*

refiere al triángulo egipcio como medio de trazado de perpendiculares, pero no precisa si se refiere a la cuerda de doce nudos o al método de Philibert.

¹⁷⁰ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 16-17, y p. 76 y ss. de este trabajo

¹⁷¹ Robert BRANNER, «Drawings from a thirteenth-century architects' shop: the Reims palimpsest», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1958, pp. 15, 18.

¹⁷² EUCLIDES, *Elementos*, 1.31; Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 7 v. V. también JUAN PÉREZ DE MOYA, *Fragmentos Matemáticos*, f. 42-43, que ofrece una construcción que tal vez haya servido de base a Rojas.

¹⁷³ Juan ARFE Y VILLAFANE, *De Varia Commensuración para la Esculptura y Architectura*, Sevilla, Andrea Pescioni y Juan de León, 1585, l. I, f. 4.

¹⁷⁴ V. p. 41 del Tomo II.

Figura 67. Cristóbal de Rojas, Teórica y práctica de fortificación,
f. 7 v.

Figura 68. Rodrigo Zamorano, Los seis primeros libros de
Euclides.

Figura 69. Juan de Arfe y Villafañe, De varia conmesuración ... f. 4.

Figura 70. Philibert de l'Orme, Le Premier
Tome de l'Architecture, f. 56 v.

Figura 71. Philibert de l'Orme, Nouvelles inventions, f. 13 v.

bolsor [...] desde el punto a al punto b y este tamaño lo galgarás con la linia c la que se galgare será la linia E. Es decir, para trazar una paralela a c a una distancia igual a a b, se toma esta distancia con la *galga* y se lleva a una perpendicular a c, en este caso la línea B obteniendo el punto g; a continuación se lleva la galga al otro extremo de c y se toma la distancia a b para trazar desde G una línea que será la paralela E que buscamos, ayudándonos de la escuadra.

Toda la construcción se puede llevar a cabo sin que B sea perpendicular a c, e incluso sin la ayuda de la línea B; en tal caso estaríamos siguiendo el método de Cristóbal de Rojas. Pero Aranda siempre busca una línea perpendicular a las paralelas en la que apoyarse, y cuando no la tiene la traza ex profeso. En el *Arco avanzado en talus plano en viaje por cara*¹⁷⁵ nos dice que *con el juzgo de la linia F sacarás las plantas por caras y lechos galgando las plantas por caras de cuadrado con el ancho que tuvieren los bolsos del arco A.* Es decir, antes de trazar una serie de paralelas traza primero una perpendicular común F, que no tiene otra finalidad en el dibujo. Basándose en esta perpendicular común y con el uso conjunto de la galga y la escuadra va trazando las paralelas. Es decir, está aplicando la particularización de la proposición trigésimo primera de los *Elementos* que nos ofrece Cristóbal de Rojas, pero a su vez la modifica introduciendo el uso de la galga y la escuadra para ganar precisión.

Aunque pueda parecer extraño a nuestros ojos, en los trazados a tamaño natural parece evitarse la construcción de paralelas y se recurre a las perpendiculares, que se pueden trazar con la escuadra. Así, Philibert de L'Orme emplea una construcción para dividir un segmento en varias partes iguales basada en la aplicación del teorema de Tales; pero en lugar de tomar una línea que forme un ángulo cualquiera con el segmento a dividir, construir partes iguales y trazar paralelas, se molesta en trazar dos perpendiculares al segmento a dividir, medir sobre las dos series de segmentos iguales y trazar líneas apoyándose en las dos perpendiculares; todo para evitar trazar paralelas por el método de la galga o el de Cristóbal de Rojas.¹⁷⁶

11

Construcción de arcos y círculos

Una construcción esencial en los trazados de cantería del Renacimiento es la que permite hallar el centro de un círculo o arco del que se conocen tres puntos. Mathes Roriczer expone un procedimiento para hallar el centro de un arco

¹⁷⁵ V. p. 159 del Tomo II.

¹⁷⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 38 v. - 39 v. V. p. 168 de este trabajo.

conocido; consiste en tomar dos puntos **c** y **d**, trazar sendos arcos con radio **c d** y centros en **c** y **d**, y unir las intersecciones de los arcos obteniendo la mediatriz de **c d**; a continuación se toman otros dos puntos del arco, **g** y **h** se repite la operación; en la intersección de las dos mediatrices estará el centro del arco.

Tal como presenta Roriczer la construcción, es necesario contar con un arco del círculo cuyo centro buscamos. El maestro de Ratisbona no parece comprender que no es imprescindible conocer el arco, sino únicamente cuatro puntos; y que un punto de la primera pareja puede coincidir con uno de la segunda, con lo que podemos resolver el problema con tres puntos, los denominados muy gráficamente por De L'Orme «trois points perdus».

Esta construcción aparece en Serlio, De L'Orme y Cristóbal de Rojas,¹⁷⁷ pero Aranda y Vandelvira la dan por sabida. Serlio expone dos versiones [72]. La primera, apropiada para trazados en papel o trazados en el suelo a pequeña escala, se basa en el uso del compás y la escuadra:

Dados tres puntos cualesquiera que no estén sobre una línea recta, el modo de pasar el compás por los tres será este. Tírese una línea recta de 1 a 2 y divídase por la mitad y póngase la escuadra del modo que se ve y tírese una línea con la escuadra y del 2 al 3 tírese otra línea haciendo lo mismo y donde intersecten las dos líneas, ahí estará el centro de los tres puntos, estén puestos como estén¹⁷⁸

En cambio, cuando aborda la construcción sin escuadra necesaria en trazados a gran escala, no tiene la misma soltura, lo que contrasta con De L'Orme [70, 71], que generaliza y deja claro que las dos soluciones son variantes del mismo principio, pero no se fía de la escuadra:

Propongo que [...] de un punto a otro tiréis líneas, las cuales dividiréis por la mitad y después hagáis una perpendicular sobre ellas [...] y donde se encuentren y corten, es el centro [...] Podéis proceder en este asunto con el compás del modo que veis en la figura aquí propuesta, que es el modo más seguro. De suerte que aquellos que manejen bien el compás, no necesitarán ninguna escuadra, porque aunque sea justa y buena, el trazado no se puede hacer correctamente¹⁷⁹

¹⁷⁷ Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'Architettura*, Venecia, 1600, L. I, f. 10; Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 55 v.; Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 10 v.; Juan Pérez de Moya, *Fragmentos Matemáticos*, f. 48-49. También aparece en el mundo alemán, en la *Architectur* de Rivius de 1547 y en el cuaderno de Elias Holl de principios del siglo XVII; v. Hanno-Walter KRUFT, y Andres-René LEPIK, «Das Geometrie- und Messbuch von Elias Holl», *Architectura*, 1985, pp. 2-3. Acerca de la presencia de los libros I y II de Serlio en Galicia, v. Ana GOY DIZ, *Artistas, talleres e gremios en Galicia*, Santiago de Compostela, Universidad, 1998, pp. 185-186.

¹⁷⁸ Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'Architettura*, Venecia, 1600, L. I, f. 10: «Dato tre punti posti a caso pur che non sia sopra vna linea diritta, il modo di pasargli sopra a tutti tre col compasso sarà questo. Sia tiratto vna linea diritta dal 1 al 2 & quella diuisa per mezo, & postoui lo squadro nel modo che si vede & tirata vna linea continuata alla costa della squadra & dal 2 al 3 sia tirata vn' altra linea facendo il medesimo, & doue intersecaran le due linee, iui sarà il centro de' tre punti, & sian pur posti in che modo si voglia»

¹⁷⁹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 55 v.: «ie propose que [...] d'un point à autre vous tiriez des lignes, lesquelles vous diuisez par le milieu, & puis en faites vne perpendiculaire sur icelles,

Figura 72. Sebastiano Serlio, Tutte l'opere d'Architettura, f. 10.

Figura 73. Cristóbal de Rojas, Teórica y práctica de fortificación, f. 10 v.

Cristóbal de Rojas ofrece básicamente la misma construcción [73], pero deja bien claro que se trata de la proposición quinta del cuarto libro de los *Elementos* y ofrece además la construcción para obtener la bisectriz del ángulo que forman los tres puntos.¹⁸⁰ Dado el triángulo *A C B* se trazan arcos con centro en *C*, en *B* y en *A* con el mismo radio, que intersectarán en *G* y *E*; después se dividen las líneas *B C*, *C A* y *B A* en dos partes iguales y se trazan líneas desde *G* y *E* que pasan por los puntos medios *R* y *D* de *A C* y *C B* respectivamente; en el punto *Z* donde se encuentran estas dos líneas estará el centro del círculo que pasa por *B*, *C* y *A*. La construcción es un tanto confusa porque no se explica cómo se han de dividir en dos mitades *B C* y *C A*, cuando hubiera sido muy práctico utilizar para esto los puntos *E* y *G* que ya tenemos trazados, junto con otros dos obtenidos por el mismo método; pero tiene el interés de relacionar nuevamente con Euclides una construcción básica de la cantería.

Todo parece indicar que Aranda utiliza esta construcción, sin decirlo expresamente, en el trazado de elipses, en la construcción de las secciones y alzados de arcos oblicuos, en el desarrollo de arcos en paramentos curvos y hélices¹⁸¹. Como veremos en el punto siguiente, en la *definition* segunda de la primera parte del manuscrito, expone un modo de trazar elipses por puntos; una vez ha construido tantos puntos de la elipse como estima necesario, nos dice que *después cogerás los dichos puntos de tres en tres y quedará formada la circunferencia endulcida G*. Coger los puntos de tres en tres puede querer decir mucho y puede no querer decir nada, pero si acudimos a la exposición del mismo problema en el *Libro de trazas de cortes de piedras*, veremos que ofrece dos métodos para el trazado de la semielipse una vez están contruidos los puntos: uno equivale al de Aranda, pero Vandelvira es más explícito: «aquellos sean los puntos por do ha de ir el arco, los cuales irás de ir adulciendo con el compás de tres en tres puntos». La alternativa es trazar la curva a sentimiento: «o con la mano si fueren los puntos espesos». El primer procedimiento es muy similar a los empleados por Martínez de Aranda en la obtención de desarrollos de arcos en paramentos curvos o secciones y testas de

[...] & ou elles se rencontrent et entrecouppent, c'est le centre [...] Vous pouuez aussi proceder en cest affaire auec le compas par la façon que vous voiez gardée en la figure cy apres proposée, qui es le moien plus asseuré. De sorte qu' à ceux qui sont prompts à manier ledit compas, il ne fault aucune equierre, car aussi bien si elle n'est iuste & bonne, le traict ne se peult faire iustement». V. también Philibert de L'ORME, *Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais*, París, Frédéric Morel, 1561, f. 13 - 13 v. ; Juan ARFE Y VILLAFANE, *De Varia Commensuración para la Esculptura y Architectura*, l. I, f. 15 r. - 15 v.

¹⁸⁰ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 10 v.- 11 r.

¹⁸¹ Para óvalos, v. Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 1-2, y pp. 17-22 del Tomo II este trabajo; para arcos oblicuos, *Cerramientos*, pl. 3-4, 6-8, 16-17, y pp. 22-27, 41-45, 76-82 del Tomo II este trabajo, y para arcos en paramentos curvos y hélices, *Cerramientos*, pl.4, 219-221 y pp. 27 y 181 del Tomo II este trabajo.

arcos oblicuos; también es significativo que en el desarrollo de hélices Aranda busque siempre tres puntos.

12

Construcción de elipses y óvalos

Se pueden utilizar óvalos y elipses tanto en planta como en sección por exigencias del diseño,¹⁸² bien a gran escala como en las bóvedas ovales que aparecen en los manuscritos de Alonso de Vandelvira y Alonso de Guardia¹⁸³ y que probablemente encontrarían su reflejo en la parte perdida de los *Cerramientos*, bien a pequeña escala como en el *Capialzado oval* de Aranda.¹⁸⁴ Pero también puede ser que surjan por deformación de un círculo como sucede al seccionar el cilindro de intradós de un arco por un plano de testa oblicuo al eje del cilindro;¹⁸⁵ o viceversa, al construir el intradós de un arco proyectando oblicuamente desde una testa semicircular.¹⁸⁶

¹⁸² Existe cierta confusión entre algunos estudios sobre la arquitectura del Renacimiento español acerca de la elipse, el óvalo y las superficies que pueden tener por sección horizontal una elipse o un óvalo. Por tanto será necesario precisar que estos términos se utilizan en este trabajo según su sentido geométrico. Una elipse es una línea cónica cerrada, esto es, la sección de un cono por un plano dispuesto de tal manera que la sección resulte ser una línea cerrada; salvo en el caso particular de la circunferencia, la curvatura varía de forma continua, y dos puntos próximos tienen curvaturas ligeramente diferentes. Un óvalo es una línea formada por la unión de varios arcos de círculo tangentes entre sí, de manera que se aproxime a una elipse; en ella la curvatura no varía de forma continua, sino abruptamente en los puntos de tangencia de los arcos; dos puntos próximos tienen la misma curvatura, a menos que estén sobre dos arcos diferentes, a uno y otro lado de un punto de tangencia; en tal caso sus radios de curvatura son sensiblemente diferentes. El número de arcos que forma el óvalo puede ser cualquiera; como veremos son frecuentes los óvalos de cuatro centros, pero existe una construcción para trazar óvalos de cualquier número de arcos; cuanto mayor sea el número de arcos, mayor será la aproximación a la elipse. El falso óvalo o «figura lenticular» de Pérez de Moya es una figura que no es de uso frecuente en la geometría, aunque aparece en ocasiones en la arquitectura del Renacimiento español. Se forma por la unión de dos semicírculos y dos segmentos de recta paralelos; es si se quiere un óvalo de cuatro arcos donde dos de ellos han degenerado en segmentos de recta, es decir, en arcos de círculo de radio infinito. La elipse, el óvalo y el falso óvalo son figuras planas; por tanto es un sinsentido hablar de cubiertas elípticas, como es frecuente en algunos estudios, refiriéndose a las que cubren plantas elípticas u ovales, que en esta época nunca son planas en su totalidad. Se puede hablar de cubiertas elipsoidales, pseudoelipsoidales, tóricas, esféricas, compuestas por dos cuartos de circunferencia y un cilindro o en cualquier otra superficie, pero nunca elípticas ni ovales. V. José María GENTIL BALDRICH, «La traza oval y la Sala Capitular de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica», en *Quatro edificios sevillanos*, pp. 83-84.

¹⁸³ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1580, f. 68 r. a 79 r.; Alonso de GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, incluido en una copia de Battista PITTONI, *Imprese di diversi Principi, duchi, signori, e d'altri personaggi et huomini illustri*, Venecia, 1566, con versos de Ludovico Dolce. Ejemplar conservado en la Biblioteca Nacional, sección ER.

¹⁸⁴ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 167-168 y p. 100 del Tomo II de este trabajo

¹⁸⁵ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 6-8 y pp. 41-45 del Tomo II de este trabajo.

¹⁸⁶ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 16-17 y pp. 76-82 del Tomo II de este trabajo.

Figura 76. Sebastiano Serlio, Tutte l'opere d'Architettura, f. 13 v., 14.

Figura 77. Juan de Arfe y Villafañe, De varia conmesuración ... f.10 v.

Serlio conoce la manera exacta de trazar una elipse por medio de una cuerda, pero sorprendentemente la desdén en favor del óvalo:

Puede el arquitecto querer construir un puente, o un arco, o una bóveda de menor altura que el medio círculo, y sucede que muchos albañiles tienen tal práctica que con la cuerda trazan bóvedas semejantes, que en verdad corresponden a simple vista e incluso se conforman con figuras ovales realizadas con el compás. Pero si el arquitecto quiere proceder teóricamente, guiado por la razón, puede seguir el siguiente procedimiento [...]¹⁸⁷

El desdén serliano por este método va a ocasionar que desaparezca de la literatura por espacio de más de un siglo. Sólo a principios del XVII reaparece en España en las obras de López de Arenas, Fray Lorenzo de San Nicolás y Juan de Torija, y quizá porque entonces junto a la cuerda de los albañiles y jardineros existe un medio «racional» para trazarla, el «ellissografo» propuesto por Guidubaldo del Monte en su *Planisphaerium universalium theorica* de 1579; este «instrumento de la cruz» [74] une a sus virtudes geométricas el valor simbólico de su forma, muy valorado por San Nicolás. También es posible que su prestigio recuperado se deba en parte a la *Geometría* de Descartes, que recoge el método del jardinero aunque sea con un cierto desdén [75].¹⁸⁸

Así, sucede que Serlio desprecia la elipse de jardinero, que le parece propia de albañiles e inferior al método «racional» de trazar un óvalo con el compás; en su benevolencia, llega a reconocer que la elipse se acerca enormemente a figuras ovales realizadas con el compás; en su lugar, ofrece sus cuatro conocidísimos óvalos de cuatro arcos [76].¹⁸⁹ Todos tienen la misma base: el centro de un arco está en la

¹⁸⁷ Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'Architettura*, Venecia, 1600, L. I, f. 11 v.: «Vorrà l'Architetto fare vn ponte, ò vn' arco, ò veramente vna volta di minore altezza che il mezo cerchio, auenga che molti muratori hanno una certa sua prattica, che col filo fanno simili volte, le quali veramente corrispondeno all' occhio, & si accorda anchora con alcune forme ouali fatte col compasso. Nondimeno se l'Architetto vorrà procedere teoricamente, portato dalla ragione, potrà tener questa via [...]

¹⁸⁸ René DESCARTES, *Discours de la méthode, la Dioptrique, les Météores & la Géométrie*, Leiden, Jan Mairie, 1637 (Tr. española de Guillermo Quintás Alonso, *Discurso del Método, Dióptrica, Meteoros y Geometría*, Madrid, Alfaguara, 1981, pp. 127-128); Diego LÓPEZ DE ARENAS, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco ...*, p. 202 de la ed. de 1997; Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, 1639, f. 67, 100 v.; Juan de TORIJA, *Breve tratado de todo tipo de bóvedas así regulares como irregulares ...*, Madrid, Pablo de Val, 1661., f. 32, 36; Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, pp. 138-142; Corrado MALTESE, «Elissi ed ellissografi. 'Querelles' semi-scientifiche e applicazioni pratiche negli anni di Desargues», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, pp. 104-105; José María GENTIL BALDRICH, «La traza oval y la Sala Capitul de la catedral de Sevilla», *Quatro edificios sevillanos*, p. 80, que señala que los compases de Guidubaldo del Monte y otros tratados italianos de finales del siglo XVI se basan en un método conocido en la antigüedad y expuesto por Proclo de Licia, geómetra del siglo V.

¹⁸⁹ Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'Architettura*, Venecia, 1600, L. I, f. 13 v -14. V. Julia M. SMYTH-PINNEY, «The Geometries of S. Andrea al Quirinale», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1989, pp. 53-65; otras variantes de estos procedimientos en Hernán RUIZ, *Libro de arquitectura*, f.24 v.; Juan PÉREZ DE MOYA, *Fragments Matemáticos*, f. 179-182, que cita a Tartaglia; Juan ARFE Y VILLAFANE, *De*

perpendicular a su tangente por cualquier punto. Por tanto, si dos arcos son tangentes en un punto, como deben serlo los arcos que forman el óvalo en los puntos de encuentro, es porque tienen una tangente común, y una perpendicular común; los centros de ambos arcos deben estar sobre la perpendicular común. Pero como cada arco comienza y termina en un punto de tangencia, cada centro debe estar en dos perpendiculares comunes al mismo tiempo, es decir, en su intersección. Por lo tanto, los centros serán los vértices de un cuadrilátero cuyos lados son segmentos de las perpendiculares comunes correspondientes a los cuatro puntos de tangencia. Si el óvalo ha de tener dos ejes de simetría, como sucede en los cuatro de Serlio, el cuadrilátero será un rombo o un cuadrado. Planteadas las cosas así, las variantes de Serlio se limitan al trazado del rombo y al punto donde los arcos han de intersectar las prolongaciones de sus lados. En el primero de los óvalos, el rombo se forma uniendo dos triángulos equiláteros por sus bases; es el único caso en el que los arcos pueden intersectar las prolongaciones de los lados del rombo en un punto cualquiera y por tanto la proporción entre anchura y altura del óvalo no es fija. Esto no quiere decir que se pueda utilizar con eficacia para trazar cualquier elipse, pues sólo se puede ajustar a unas dimensiones determinadas por tanteos; más bien parece que el interés de esta construcción es que permite trazar otro óvalo paralelo al original, para «cuando en un ovalo de estos se quiere seguir una moldura en orden» como dice Juan de Arfe [77].¹⁹⁰

En el segundo, el núcleo es un cuadrado obtenido uniendo los puntos que dividen a un círculo en cuatro cuadrantes; la proporción del óvalo se fija obligando a que los arcos cortos sean de radio igual al círculo que nos ha servido de base. En el tercero el núcleo también es un cuadrado, pero se obtiene yuxtaponiendo dos cuadrados, trazando sus diagonales y tomando el cuadrado que se forma en el centro de la figura. Los centros de los lados cortos del óvalo serán los centros de los dos cuadrados y su radio vendrá dado al imponer la condición de que han de pasar por los vértices exteriores del cuadrado; así los lados largos tendrán por centros los vértices comunes de los cuadrados. Para construir el cuarto óvalo tomamos dos circunferencias de igual radio construidas de forma que el centro de una esté en el perímetro de la otra, y viceversa. Trazamos el rombo de forma que dos de sus vértices estén en los centros; de esta forma el rombo estará formado por la unión de dos triángulos equiláteros, ya que tanto sus lados como la diagonal menor son iguales al radio de los círculos que sirven de base al trazado. Estamos por lo tanto

Varia Commensuración para la Esculptura y Architectura, l. I, f. 9 v. -10 v. y Simón GARCÍA, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos, conforme a la medida del cuerpo humano*, f. 64 v.- 65.

¹⁹⁰ Juan ARFE Y VILLAFANE, *De Varia Commensuración para la Esculptura y Architectura*, l. I, f. 10; José María GENTIL BALDRICH, «La traza oval y la Sala Capitulare de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica», pp. 84-86, 103.

Figura 78. Sebastiano Serlio, Tutte l'opere d'Architettura, f. 11 v.

Figura 79. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 18 v.

ante un caso particular del primer óvalo, pero aquí la proporción está fija porque los dos círculos hacen el papel de arcos cortos.¹⁹¹

Además de estos cuatro conocidísimos óvalos, Serlio describe el método que Vandelvira denomina «Arco painel» [78, 79] y que aparece en Aranda entre otros muchos tratadistas, como veremos más adelante. Este procedimiento es ante todo para el trazado a tamaño natural, en la pared o en el suelo: Serlio lo propone como alternativa a los «albañiles que tienen una cierta práctica que con una cuerda trazan [...] bóvedas»; aquí tiene sentido trazar un buen número de puntos para obtener la curva con la máxima precisión. También tiene una ventaja apreciable: una vez fijado el eje mayor, se le puede dar con facilidad cualquier tamaño al eje menor.¹⁹²

Como decimos, de las cinco soluciones para trazado de óvalos y elipses que ofrece Serlio, Aranda recoge la aproximación a la elipse [80], el llamado por Vandelvira «Arco painel», lo que es sin duda una derivación del francés «anse de panier», como también lo es «carpanel». Por tanto, parece que la idea viene no tanto de Italia como de Francia. Oigamos a Aranda describir el procedimiento:

Supongo que quieres bajar la circunferencia E que es la grande con la circunferencia F que es la pequeña repartirás entrambas circunferencias en partes iguales y de los puntos de la pequeña sacarás unas líneas paralelas que toquen en los plomos que bajaren de los puntos de la circunferencia grande y adonde tocaren harás unos puntos después cogerás los dichos puntos de tres en tres y quedara formada la circunferencia endulcida G

Es decir, se toman las abscisas de la circunferencia grande E y las ordenadas de la pequeña F, obteniendo así los puntos que definen el arco rebajado G. Si lo que se quiere obtener es un arco peraltado, se toman las ordenadas de E y las abscisas de F. La construcción es básicamente la misma en Serlio, Hernán Ruiz, De L'Orme, Vandelvira y Aranda.¹⁹³ La diferencia entre ellos estriba en la forma de unir los puntos que definen el óvalo. Para Serlio «de un punto a otro de las líneas a plomo sea tirada una línea curva, la cual no se puede hacer con el compás, sino con la discreta y práctica mano».¹⁹⁴ Aunque Vandelvira cita a Serlio como fuente, nos

¹⁹¹ José María GENTIL BALDRICH, «La traza oval y la Sala Capitular de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica», pp. 84-86.

¹⁹² Esta libertad de proporción es percibida por Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 18 v., como una ventaja de este óvalo y del «Arco painel» frente a otros trazados tradicionales, como los tres siguientes: hablando del *Arco painel* dice que «Si quieres subir o abajar el arco carpanel lo podrás hacer por esta traza».

¹⁹³ V. Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Estudio», en *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, p. 10.

¹⁹⁴ Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'Architettura*, Venecia, 1600, L. I, f. 11 v. «dall' vn punto all' altro delle linee a piombo sia tirata vna linea curua, la quale no si può fare col compasso, ma con la discreta, et pratica mano sarà tirata». Cf. Hernán RUIZ, *Libro de Arquitectura*, f. 37, 37 v. y Juan ARFE Y VILLAFANE, *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura*, l. I, f. 11: «Por estos puntos se va de vno en otro, dando vna linea corua que forma el oualo, la cual no e puede hazer con el compas, sino con la pluma y mano diestra [...]».

dice que «los puntos por do ha de ir el arco, los [...] irás adulciendo con el compás de tres en tres puntos o con la mano si fueren los puntos espesos».¹⁹⁵ Aranda sólo concibe trazarlos con el compás: *después cogerás los dichos puntos de tres en tres y quedará formada la circunferencia endulcida G*. El problema de esta construcción es que nada asegura que las tangentes de dos arcos que coinciden en el mismo punto sean las mismas, por lo que se creará un punto anguloso; pero en general este efecto es apenas perceptible.

Aranda, y en parte Vandelvira, son más serlianos que Serlio: si el boloñés utiliza el compás para proceder «racionalmente» al construir los dos semicírculos que sirven de base a la construcción, Vandelvira y Aranda, llevan el planteamiento hasta sus últimas consecuencias y lo emplean también para trazar la curva.¹⁹⁶ Pero hay algunos matices que pueden explicar la diferencia: Serlio procede del mundo de los trazados en papel y tiene la mano educada como un artista, por lo que confía en ella para trazar la curva a pequeña escala, donde la precisión relativa no es esencial. En cambio Vandelvira, y todavía más Aranda, buscan una precisión relativa esencial en los trazados a gran escala y en ese terreno confían más en el compás. La construcción procede de Philibert de L'Orme, que la expone en sus *Nouvelles inventions pour bien bastir a petit frais*, el tratado de carpintería bien difundido en España: «después de haber hecho esto, miraréis los tres puntos M Y Z y los buscaréis con el compás, y así otros. Los cuales tomaréis de tres en tres puntos, [...] como os he mostrado antes».¹⁹⁷

Aranda aporta una novedad que al principio parece anecdótica: Serlio, Hernán Ruiz, Vandelvira, utilizan la construcción únicamente para trazar arcos rebajados; si trazan dos arcos, es para poner de manifiesto que se pueden obtener figuras de proporción diferente, más o menos rebajada.¹⁹⁸ Aranda traza también dos arcos, pero uno es rebajado y el otro peraltado; hay que suponer que la presencia del arco peraltado deriva de la experiencia gaditana de Aranda, pues en la iglesia de Santa Cruz los arcos perpiaños de las naves laterales son unos singulares arcos elípticos peraltados.¹⁹⁹

¹⁹⁵ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1580, f. 18 v.

¹⁹⁶ José María GENTIL BALDRICH, «La traza oval y la Sala Capitular de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica», p. 96.

¹⁹⁷ Philibert DE L'ORME, *Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais*, París, 1561, f. 14.: «Après auoir fait tout cela, uous regarderez les trois poincts M Y Z, & les trouuez avec le compas, & ainsi des autres. Lesquelz uous prendrez de trois poincts en trois poincts, iusques à ce qu'il soit fait comme ie uous ay monstré cy deuant» V. José María GENTIL BALDRICH, «La traza oval y la Sala Capitular de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica», p. 96.

¹⁹⁸ José María GENTIL BALDRICH, *ibid.*, p. 95.

¹⁹⁹ V. p. 40 y ss.

Figura 80. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 2.

Figura 81. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 1.

Según Aranda, este procedimiento es para construir **circunferencias**, y no **arcos**. Para los arcos expone un procedimiento similar, pero no idéntico [81]. Si queremos construir un arco elíptico rebajado, trazaremos en primer lugar dos arcos semicirculares, el mayor **A** de igual luz a la luz del arco que queremos construir, y el segundo **B** dispuesto de tal modo que su luz sea el doble de la flecha del arco rebajado que queremos obtener. A continuación baja verticales *de las juntas y mitades* de las dovelas de ambos arcos hasta la línea de impostas; en el arco **A** toma las distancias al arranque de las intersecciones de estas verticales con la línea de impostas y las lleva a la línea de impostas del arco **C** que quiere construir; a partir de los puntos así obtenidos levanta verticales; y sobre estas verticales lleva las cotas respecto a la línea de impostas de las *juntas y mitades de los bolsos* del arco **B**; hecho esto sólo le queda unir con un arco de círculo los tres puntos, dos *juntas* y una *mitad* de cada dovela, mediante el procedimiento de los «trois points perdus» al que nos referimos antes, con lo que obtiene el intradós de un arco elíptico rebajado.

La construcción no tiene antecedentes directos, hasta donde llega nuestro conocimiento. Sí existe uno indirecto: la construcción de elipses expuesta por Alberto Durero en su *Underweysung*. Al contrario de Aranda, toma cotas y distancias de una sola semicircunferencia, que divide no en intervalos iguales como cualquier arco, sino en intervalos con igual proyección horizontal sobre la línea de impostas; lleva las cotas directamente a la elipse rebajada, pero multiplica las distancias por un factor de escala, operación engorrosa que lo es menos por ser todas las distancias iguales, y las lleva a la elipse rebajada. El procedimiento es ingenioso, pero poco práctico para la construcción de arcos. Si Aranda lo conoció, cosa probable pues las obras de Durero circulaban en Sevilla, pudo tomar de él la idea de separar los arcos auxiliares y el arco resultado, muy conveniente «para no entoscar la traza».²⁰⁰

²⁰⁰ Las obras de Durero gozaron de cierta difusión en la España del siglo XVI. Entraron en la biblioteca de Felipe II muy pronto; v. Agustín BUSTAMANTE y Fernando MARÍAS, «El Escorial y la cultura arquitectónica de su tiempo», p. 128, y Fernando CHECA, «Las construcciones del Príncipe Felipe», en *Ideas y diseños (La Arquitectura) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, 1986, p. 26; su influencia llega a Juan de Arfe, en la Sevilla de fines de siglo. aunque quizá de forma indirecta, y sin duda a Hernán Ruiz II y III, en cuyos testamentos figuran por su nombre: v. Juan ARFE Y VILLAFANE, *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura*, l. III, f. 8; Antonio BONET CORREA, «Juan de Arfe y Villafañe», en *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura*, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1974 (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, p. 63); Antonio de la BANDA Y VARGAS, *El arquitecto andaluz Hernán Ruiz II*, pp. 64, 73-74. V. también Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, p. 55. Otra vía posible es *La prattica della prospettiva* de Daniele Barbaro, que toma el procedimiento de Durero. V. José María GENTIL BALDRICH, «La traza oval y la Sala Capitular de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica.», p. 94.

Otro antecedente indirecto lo encontramos en el tratado de carpintería de Philibert de L'Orme, las *Nouvelles inventions pour bien bastir a petit frais*. Se trata de un método para proyectar un arco semicircular sobre un muro oblicuo, problema que se presenta también con mucha frecuencia en la cantería y que también abordará Aranda. De L'Orme traza un arco semicircular, uno solo como Durero, y lo divide como Aranda en partes iguales; toma cotas sobre la línea de impostas, como Durero y Aranda, y las traslada por paralelas a ésta como Durero, pero a la hora de tomar distancias horizontales, ni utiliza un factor de escala como el alemán ni construye otro arco como Aranda, sino que baja verticales hasta intersectar la traza del plano oblicuo; ahí toma las distancias que le permitirán construir su semi-elipse rebajada.²⁰¹

Con estos antecedentes parece claro que Aranda ha encontrado una nueva construcción combinando rasgos de dos procedimientos conocidos; del «Arco painel» toma la idea de emplear dos semicircunferencias, y de Durero o De L'Orme, la de separar los arcos auxiliares del arco resultado en beneficio de la claridad del trazado; y además, añade de su propia cosecha o la de Rojas la extensión del procedimiento a arcos peraltados.

Aranda dibuja el trasdós del arco, pero no nos dice en qué procedimiento se basa para obtenerlo. Si observamos con atención el dibujo de la *Difinition* primera de la tercera parte, vemos que las juntas de testa o *tiranteces* son aproximadamente iguales, se pueden considerar normales al intradós y no convergen en el centro de la elipse de intradós.²⁰² Es decir, no se ha trazado el trasdós de la misma manera, lo que daría otra elipse concéntrica y mayor grosor de la rosca del arco en las impostas que en la clave; por el contrario, se busca obtener un grosor de rosca constante, lo que da lugar a que el trasdós no sea elíptico sino pseudoelíptico.

El método no se aplica de una forma completamente sistemática en los *Cerramientos*. Parece emplearse en los arcos *en rincón de caustria* y en los desarrollos de lunetos del *Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda* y el *Capialzado viaje por testa en vuelta de horno por testa* y otros de sus respectivas familias;²⁰³ pero en el *Arco viaje contra cuadrado por testa*²⁰⁴ parece sugerir de forma confusa un procedimiento basado en repetir la operación para el trasdós.²⁰⁵

²⁰¹ Philibert de L'ORME, *Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais*, París, Federic Morel, 1561, f. 12-13; v. también Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, p. 7, que generaliza la construcción.

²⁰² V. p. 17 y ss. del Tomo II.

²⁰³ V. pp. 209-217 del Tomo II, y 114-126, 130-138 y 147-151 del Tomo III.

²⁰⁴ V. p. 41 y ss. del Tomo II.

²⁰⁵ El dibujo representa líneas verticales que arrancan de las proyecciones de los puntos del trasdós sobre la testa esviada; lo natural sería llevar sobre estas verticales las cotas de los puntos respectivos, pero de hacerlo así obtendríamos un arco con mayor grosor en las impostas que en la clave, cosa que el dibujo no refleja. Se

Figura 82. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 167.

Figura 83. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 3.

Figura 84. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 3.

Como hemos dicho, el óvalo de uso general es para Aranda el «arco painel», el que más se aproxima a la elipse, el que tiene saltos de curvatura más suaves. Pero hay un caso particular en el que utiliza un óvalo singular de cuatro arcos que **tiene un solo eje de simetría**. Se trata del *Capialzado oval*, un «corte» singular en el que la planta se obtiene por la macla de un trapecio y una elipse, de forma que la región del plano que está dentro del trapecio y también dentro de la elipse será la proyección en planta de la superficie de intradós, mientras que la incluida en el trapecio pero no en la elipse representará el *batiente* [82].

No es fácil determinar cómo se trazaba la elipse. Está claro que en el manuscrito del Servicio Histórico Militar se traza mediante cuatro arcos de circunferencia, pues son detectables las intersecciones entre los arcos. Otra cosa es saber cómo se trazaba al obtener las *monteas* a tamaño natural. Parece también verosímil una solución basada en un óvalo de cuatro centros. La elipse de jardinero o el compás de elipses es una posibilidad, pero como decimos más arriba, no hay evidencia de su uso en España hasta Fray Laurencio de San Nicolás. Alonso de Vandelvira utiliza el método del «Arco painel» no sólo para construir arcos, sino para trazar plantas ovaladas: «esta regla se tenga para trazar una capilla oval conforme te pidiese el sitio, porque otro arco de esa otra parte de éste será figura oval».²⁰⁶ Pero Aranda se refiere a tramos de óvalo como circunferencias cuando dice que *la circunferencia D sirve de batiente del dicho capialzado* o habla de *el cintrel que causare la circunferencia del lado del oval desde el punto 1 al punto 2*. No cabe pensar que Aranda está confundiendo una circunferencia con una elipse, pues distingue claramente entre el *oval* u óvalo completo y las *circunferencias* que forman sus distintos tramos como el **D** o el **1 2**. Por tanto, todo apunta al óvalo de cuatro centros, probablemente situados mediante la regla de los «tres puntos perdidos», ya que son asimétricos por ser oblicua la cuerda **1 2** y evidentemente no se pueden utilizar los métodos serlianos.

Hasta ahora hemos venido hablando de óvalos y elipses como formas con sentido propio. Sin embargo, en ocasiones los óvalos y elipses aparecen como formas generadas al cortar un cañón de sección recta circular por un plano esviado, o viceversa, como sección recta del cilindro elíptico peraltado que se genera al proyectar un semicírculo en una dirección oblicua a su plano. Aunque esta problemática está ya presente en Hernán Ruiz, De L'Orme y Vandelvira,²⁰⁷ Aranda

puede pensar que se han falseado las cotas de los puntos del trasdós para igualar el trasdós del arco, pero no se puede llegar a una conclusión clara porque hay errores apreciables, debidos a la reducida escala del dibujo.

²⁰⁶ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 18 v.

²⁰⁷ Hernán RUIZ EL JOVEN, *Libro de Arquitectura*, f. 47 v., 149, 149 v.; Philibert de L'ORME, *Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais*, París, Féderic Morel, 1561, f. 12-13, 14-14 v.; Alonso de

la trata de forma más completa y explícita. En la *difinition* tercera de la primera parte de los *Cerramientos* se aplica el procedimiento de las dos *difinitiones* precedentes al caso concreto de un arco *en viaje por testa*, es decir formado por un cilindro de revolución en el que una de las testas o paramentos del muro en que se aloja el arco es oblicua, mientras que la otra es perpendicular al eje del arco [83]. Aranda comienza trazando el arco de medio punto correspondiente a la testa ortogonal, M, y la proyección en planta del arco. A continuación aplica un método relacionado con el «Arco painel» o el procedimiento de construcción de elipses de Durero para hallar el desarrollo de la otra testa del arco N. Una vez dividido el arco en partes iguales baja *plomos* desde los extremos inferiores de las juntas entre dovelas hasta tocar con la línea de imposta del arco M, que se llevan en planta paralelamente a las generatrices del cilindro que define el intradós hasta tocar con la proyección N del arco *en viaje*, con lo que obtiene unas distancias horizontales **mayores** que las del arco M. Si a continuación levantamos líneas verticales desde estas intersecciones y sobre ellas tomamos las cotas de los extremos inferiores de las juntas entre dovelas, podremos construir el arco O en verdadera magnitud. Hasta aquí no hay nada que no aparezca en Vandelvira o en Hernán Ruiz, aunque Aranda lo expone de forma más sistemática y como principio general independiente de cualquier «corte» concreto.

Pero en otras ocasiones puede interesar disponer el arco de medio punto en la testa oblicua, con lo que obtendremos un arco peraltado en la testa recta; o dicho de otro modo, hacer el eje del cilindro del intradós perpendicular a la testa posterior del arco manteniendo el arco de medio punto en la frontal [84]. Este caso sí es una novedad sin precedentes en los textos anteriores, salvo el antecedente indirecto del segundo arco «Viaje contra viaje» de la *Teórica y práctica de fortificación*, donde también aparece un cilindro de intradós cuya sección recta es una semielipse peraltada. El procedimiento será el mismo; bastará tener en cuenta que las proyecciones de las juntas entre dovelas se llevan en planta paralelamente a las generatrices del cilindro que define el intradós, lo que equivale aquí a llevarlas perpendicularmente al arco trasero Q, que es el que define el eje del cilindro. Ahora comprendemos porqué Aranda generaliza el sistema para obtener no sólo semielipses rebajadas, sino también peraltadas. Lo que se está buscando no es trazar arcos peraltados como formas sustantivas, sino los que se puedan obtener como testas o secciones rectas de una bóveda generada por proyección oblicua de un arco semicircular. La construcción es típicamente renacentista; implica una ruptura con la tradición medieval según la cual el arco ojivo semicircular al proyectarse sobre el

VANDELVIRA, *Libro de trazas de corte de piedras*, f. 19 v.-20, 25 v., según la numeración original del manuscrito, ofrecida por Barbé entre paréntesis redondos.

Figura 85. Eugene Viollet-le-Duc, Dictionnaire raisonnée, *artículo* Construction.

Figura 86. Auguste Choisy, Histoire de l'architecture, t. II. p. 271.

Figura 87. Juan de Herrera, carta a Cristóbal de Salazar sobre la cuadratura del círculo y Jaime Falcó.

plano del arco formero o perpiaño generaba los dos arcos de círculo que forman el arco apuntado [85, 86].²⁰⁸

13

La rectificación de la circunferencia

En ocasiones ronda entre las *trazas* de cantería un problema mítico: la rectificación de la circunferencia, la otra cara de la cuadratura del círculo, que apasionaba a Herrera [87].²⁰⁹ En los siglos XVII y XVIII se aproximaba el valor de a $22/7$; algunos textos como los de Filarete, Rodrigo Gil o Torija dan el valor sin más; lo mismo hace Torija atribuyendo la regla a Arquímedes para apoyar su autoridad; en cambio, López de Arenas, Fray Laurencio de San Nicolás, García Berruguilla o Simón García advierten que se trata de una aproximación.²¹⁰

Estas soluciones se emplean para mediciones o usos similares; para los trazados de cantería se emplea una aproximación gráfica consistente en «tomar varias

²⁰⁸ V. Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle* (Tr. esp. del artículo «Construction» de Enrique Rabasa, *La construcción medieval*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, p. 17), que señala que el trazado inverso, el que genera una elipse en la diagonal, a pesar de su sencillez, pareció demasiado complicado a los constructores románicos. Por otra parte, Auguste CHOISY, *Histoire de l'Architecture*, París, Gauthier-Villars, 1899, t. II, p. 271, presenta un esquema similar para generar un arco formero apuntado, lo que da lugar a confusión, puesto que el arco apuntado no se puede trazar de esta forma ya que las intersecciones por planos verticales perpendiculares al plano del formero no están a la misma altura, y tampoco es precisa esta construcción para trazar el formero que se puede trazar por los métodos tradicionales del «tiers point» y quint point» discutidos por el propio CHOISY, *ibid.*, 342; Robert BRANNER, «Villard de Honnecourt, Archimedes and Chartes», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1960, pp. 91-96; Lon R. SHELBY, «Setting out the keystones of Pointed Arches: A note on medieval 'Baugeometrie'», *Technology and culture*, 1969, pp. 537-548.

²⁰⁹ Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, p. 99; René TAYLOR, «Architecture and Magic», en *Essays in the History of Architecture in honor of Rudolf Wittkower*, Londres, Phaidon, 1967 (Tr. española de Felisa Forteza, en la revista *Traza y Baza* n° 6. 2ª ed. española, ampliada, *Arquitectura y Magia. Consideraciones sobre la idea del Escorial*, Madrid, Siruela, 1992); María Isabel VICENTE MAROTO, «Juan de Herrera, científico», *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunwerg, 1997, pp. 186-189.

²¹⁰ Antonio Averlino llamado FILARETE, *Trattato di architettura*, c. 1460, l. II, f. 13 r.; Rodrigo Gil de Hontañón, *Manuscrito*, f. 21-21 v.; Juan de TORIJA, *Breve tratado de todo tipo de bóvedas así regulares como irregulares ...*, Madrid, Pablo de Val, 1661, p. 36; Diego LÓPEZ DE ARENAS, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco ...* p. 245; Simón GARCÍA, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos, conforme a la medida del cuerpo humano*, f. 68-69; Juan GARCÍA BERRUGUILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, Madrid, Francisco Mojados, 1747, si en la p. 85 emplea el valor $22/7$, en la p. 123 dice: «Sabida cosa es, que para resolver muchos cortes, es menester saber con conocimiento la extensión del círculo; esto es, saber estender la circunferencia de un círculo por líneas, y de no saberlo, hay mucho que retundir. He trabajado sobre esto mucho, y se sabe de fixo, que en lo discreto, esto es, por numeros, ninguna de las proporciones, que hay descubiertas, iguala una con la otra, de que resulta no saberse»

pequeñas cuerdas, que difieren poco de los arcos, y colocarlas a lo largo de una línea recta», en palabras de Frézier.²¹¹

Aranda evita este problema siempre que puede; sólo en la *difinition primera* de la tercera parte se ve forzado a usar el procedimiento que después emplearán Guarini y Frézier: divide un arco en siete partes, sin duda por tanteos, y a continuación lleva las longitudes de las cuerdas sobre una línea recta para obtener una aproximación a la rectificación del arco.²¹²

14

Desarrollo de curvas alabeadas

En la *difinition* cuarta de la primera parte de su manuscrito, Aranda se plantea proyectar un arco de medio punto S no sobre un plano oblicuo, sino sobre un cilindro de eje vertical T, con objeto de labrar las dovelas de un arco en un paramento cilíndrico convexo [88].

Como se hacía en la *difinition* tercera que acabamos de ver para proyectar arcos sobre planos oblicuos, bajaremos *plomos* desde los extremos inferiores de las juntas de testa hasta llegar al plano de impostas, los llevaremos en planta paralelamente al eje del cilindro del intradós hasta encontrar el paramento convexo o *en torre redonda* y en una figura aparte volveremos a levantar las juntas entre dovelas tomando las distancias que haya arrojado su intersección con el paramento; sobre estas verticales levantaremos las cotas respecto del plano de impostas tomadas del arco S, con lo que iremos construyendo el arco desarrollado V.

Vista con ojos de hoy, la construcción es **inexacta**, porque las **distancias** entre los *plomos* no son iguales a las **longitudes de los arcos** en que estos mismos *plomos* dividen la curva del paramento. Pero debemos tener en cuenta que la finalidad de la construcción es ante todo **labrar las testas de las dovelas** con auxilio de una *planta*, o, como diríamos ahora, de una plantilla, de madera u otro material rígido. En realidad Aranda no está desarrollando el arco real contenido en el cilindro vertical que define el paramento, sino un arco virtual alojado en una superficie poliédrica inscrita en este cilindro; el desarrollo de la superficie poliédrica le permite fijar con facilidad los cuatro vértices de la testa, desbastar la dovela como

²¹¹ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. III, pp. 43-44: «Cette difficulté qui est, comme l'on sçait, Geometriquement insurmontable, ne tire à aucune conséquence pour la pratique, où il suffit de prendre de suite plusieurs petits cordes qui different peu des arcs, & les ranger sur une ligne droite». V. también *ibid.* t. I, p. 319.

²¹² V. p. 181 del Tomo III; Guarino GUARINI, *Architettura Civile*, Turín, Gianfrancesco Mariette, 1737, trat. IV, cap. III, obs. 2; Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. III, p. 43.

Figura 88. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 4.

Figura 89. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 228.

un prisma oblicuo y después *robar* material para obtener una superficie cilíndrica suave.

Es significativo comprobar que Aranda **sólo** baja *plomos* desde los extremos inferiores de las juntas de testa, correspondientes al intradós del arco. Si se hace lo mismo en el trasdós, el problema se complica, porque entonces la distancia entre dos puntos consecutivos del intradós debería tomarse como la suma del primero de ellos a uno del trasdós y de éste al segundo punto del intradós, lo que acabaría falseando la longitud de los lados de las plantillas; caben otras alternativas, pero todas arrojan errores en algún lado de las plantillas. Todo esto nos da una muestra del desinterés de la cantería española del Renacimiento por los trasdoses, normalmente ocultos dentro de la fábrica.

Aranda se plantea desarrollar una hélice en el *Caracol de husillo*, para labrar el pasamanos con precisión [89]. El problema se va a abordar mediante dos simplificaciones sucesivas; en primer lugar se asimilan las hélices del pasamanos a arcos de elipse, y después estos arcos de elipse se identifican con arcos de circunferencia,²¹³ empleando el método descrito en la *difinition* primera de la tercera parte de los *Cerramientos*. En primer lugar toma un segmento de hélice que abarca dos huellas y lo asimila al arco de elipse resultado de proyectar el círculo de la planta sobre el plano inclinado que pasa por las intersecciones de las dos tabicas extremas con la hélice y tiene por línea de máxima pendiente la recta que une las dos intersecciones. Sobre una perpendicular levantada en el extremo de la cuerda correspondiente a las dos huellas se lleva el desnivel ente los dos extremos del arco de elipse, que en este caso vale dos contrahuellas. A continuación se abate el arco de elipse con eje en su cuerda hasta llevarlo al plano vertical que pasa por la cuerda. El punto medio del arco de elipse se moverá en un plano perpendicular a la cuerda; por tanto su abatimiento estará sobre la perpendicular a la cuerda trazada por su punto medio, y distará de este último punto la sagita del arco que define la proyección en planta de la hélice, en nuestro caso, la circunferencia de la caja de escalera. Tenemos así tres puntos del arco de elipse; Aranda no nos dice como los une, pero a la vista de otros ejemplos anteriores, podemos suponer que los enlaza con el compás mediante el procedimiento de los «tres puntos perdidos», esto es, con un arco de círculo.²¹⁴

Es muy interesante observar que Aranda toma un segmento de hélice correspondiente a dos huellas; dado que la hélice es una curva alabeada, si Aranda

²¹³ V. Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, p. 231.

²¹⁴ Cf. este método con el expuesto por Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie* t. I, p. 343: «Le Développement d'une Helice Cylindrique réguliere sur la surface du Cylindre Droit developpé, est une ligne Droite».

hubiera tomado más de dos huellas la hélice se hubiera alejado demasiado de la elipse, pero tomando dos mantiene el error dentro de límites aceptables. Es decir, se reduce al plano una curva espacial por el sencillo expediente de trocearla en segmentos tan pequeños que puedan confundirse con una curva plana a efectos prácticos. Además, al haber tomado sólo dos peldaños, la separación entre el arco de elipse y el de circunferencia no será significativa.

15

División de segmentos en dos o más partes

La división de segmentos en varias partes es una operación frecuente en la cantería, especialmente para repartir el dovelaje de los dinteles, que aparecen con frecuencia en los capialzados arandinos; también es frecuente en el trazado de miembros de los órdenes clásicos,²¹⁵ pero es una construcción difícil en aquella época, como nos dice De L'Orme, para el cual

toda división [de segmentos] es más difícil por número impar que por número par; es muy fácil dividirlo en dos, por dos círculos que se cortan sobre ella, como se hace buscando la línea perpendicular; igualmente dividirla en cuatro, seis o diez partes iguales. Pero dividirla en tres, cinco, siete o nueve es más largo y cansado²¹⁶

Por tanto, tenemos implícito un procedimiento para dividir un segmento en dos, tan conocido que De L'Orme no se molesta en explicarlo; se trata sin duda de trazar arcos del mismo radio con centro en los dos extremos del segmento y unir sus intersecciones, con lo que tendremos el punto medio del segmento y, de paso, la perpendicular por él.

Vandelvira conoce una construcción que podría servir para este propósito, pero la presenta como método para trazar perpendiculares, y aun esto de manera confusa.²¹⁷ Por el contrario, en Fray Laurencio de San Nicolás aparecen las dos ideas unidas con total claridad:

Para dividir una línea en dos partes iguales, como si fuese la línea C B abre el compás su distancia y asentando el compás en el centro C describe las porciones X A y asentándole otra vez en el punto B describe las porciones M N y se vendrán a cruzar en L Y saca después la Y L y quedara

²¹⁵ V. p. ej. Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, pl. 116-118, y p. 13 y ss. del Tomo III de este trabajo; Simón GARCÍA, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos, conforme a la medida del cuerpo humano*, 1681, f. 32, 34.

²¹⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 39: «toute diuision est plus difficile par nombre impair, que par celuy qui est pair: il est fort facile de la diuiser en deux, par deux cercles s'entrecouppans sur elle, ainsi qu'il se faict en cherchant la ligne perpendiculaire: semblablement de la diuiser en quatre, en six, ou dix parties qui sont egales. Mais la diuiser en trois, en cinq, en sept, ou neuf, cela est plus long & facheux [...] »

²¹⁷ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 3 v.

Figura 90. Philibert de l'Orme, Le Premier Tome de l'Architecture, f. 39.

Figura 91. Fray Laurencio de San Nicolás, Arte y uso de arquitectura, f. 24.

Figura 92. Sebastiano Serlio, Tutte l'opere d'Architettura, f. 14 v.

Figura 93. Cristóbal de Rojas, Teórica y práctica de fortificación, f. 11 v.

dividida la **C B** en dos partes iguales, como se prueba por la **10** del **1** de Euclides: y por la **11** del mismo, es perpendicular, y causa ángulos rectos, a la cual comúnmente los maestros llaman cambiaja²¹⁸

De L'Orme nos ofrece un procedimiento para dividir un segmento en un número cualquiera de partes, basado en el teorema de Tales [90]. Para dividir la línea **A B** en cualquier número de partes iguales, digamos cinco, se levantan dos perpendiculares **C D** en direcciones opuestas por los dos extremos de **A B**, y sobre cada una de ellas se toman **cuatro** distancias iguales, una menos del número de partes en las que queremos dividir **A B**. A continuación se va uniendo el cuarto punto sobre **C** con el primero sobre **D**, el tercero de **C** con el segundo de **D**, y así sucesivamente.

La operación es fácil de comprender si imaginamos la perpendicular **C** dividida en cinco partes iguales. En tal caso, dado que las líneas trazadas entre **C** y **D** son paralelas, los segmentos determinados por ellas en **A B** serán proporcionales a las divisiones de **C** y, dado que estas son iguales, también serán iguales entre sí las divisiones de **A B**, en virtud del teorema de Tales. Si no se traza en la realidad la quinta división sobre **C** es porque es innecesaria; es obvio que la paralela que parte de esta quinta división se traza a **B**, e intersecta a la línea base en **B**.

Es significativo que se tracen **dos** rectas **perpendiculares** a ambos extremos de la que se desea y no una sola con un ángulo cualquiera, como recomiendan nuestros manuales escolares. Actuando así De L'Orme evita construir paralelas; traza primero dos perpendiculares, operación fácil de realizar con la ayuda de la escuadra y después va trazando rectas apoyándose en las divisiones que ha marcado sobre las dos perpendiculares. Fray Laurencio de San Nicolás emplea una construcción similar, pero es de reseñar que si bien se utilizan dos líneas no es por la dificultad de trazar paralelas, como en De L'Orme, sino más bien por inercia; además, las partes iguales se toman con el compás [91]. Por tanto se está combinando una técnica de trazado en el suelo con una de trazado en papel, probablemente tomada de tratados de geometría como el de Juan Pérez de Moya.

219

²¹⁸ EUCLIDES, *Elementos*, 1.10 y 1.11; Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, 1639, f. 67, 100.

²¹⁹ Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, 1639, f. 24 v. –25. V. también Juan PÉREZ DE MOYA, *Fragmentos Matemáticos*, f. 53-55.

División de círculos y construcción de polígonos regulares

En época de Aranda se conocían varios métodos exactos o aproximados para dividir un círculo en partes iguales, problema fundamental de la construcción de polígonos regulares y también del reparto del dovelaje de los arcos de medio punto, del peldañado de las escaleras y en ocasiones, hasta del trazado de sus cajas.²²⁰ Los tratadistas de monte siempre generalizan sus soluciones para cualquier número de dovelas: «luego trazarás su arco a medio punto y repartirlo en las partes que te pareciere, como sean nones».²²¹

Dividir un círculo en dos partes con la regla o cuatro con regla y escuadra es trivial.²²² Serlio, el manuscrito anónimo *De Architectura* y Cristóbal de Rojas recogen el corolario a la penúltima proposición del libro cuarto de los *Elementos* según la cual el radio de cualquier círculo es el lado del hexágono inscrito,²²³ lo que sirve para dividir el círculo en seis partes [92, 93]; tomando un vértice sí y otro no lo tendremos dividido en tres; Filarete señala que por eso el compás italiano se llama *sesto*.²²⁴

La construcción del pentágono regular o la división del círculo en cinco partes es un problema que se presenta con frecuencia en el Renacimiento, desde el trazado de fortalezas hasta el reparto del dovelaje de los arcos.²²⁵ Mathes Roriczer ofrece una construcción para obtener un pentágono dado un lado **a b**; se trata de trazar sendos círculos con radio **a b** y centros en **a** y **b**, y trazar el segmento que une sus intersecciones **c** y **d**. Después se traza un arco con centro en **d** y radio **d a**, que pasa también por **b**; este arco intersectará a los círculos en **f** y **g** y al segmento **c d**

²²⁰ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 127 r.

²²¹ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 7 r.; v. también Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567, f. 60 r., 67 r. - 68 v., 69 v.

²²² A pesar de esto, la operación parece tener un sentido mítico para Fabio Calvo, que representa la Roma de Augusto con planta circular, dividida en dieciséis sectores iguales, y la de los tiempos de Plinio el viejo con treinta y dos puertas. V. Roberto WEISS, *The Renaissance discovery of classical antiquity*, Oxford, Blackwell, 1973, p. 97. Por el contrario, Ambrogio Leone representa la antigua Nola con doce puertas repartidas uniformemente en el perímetro regular de la ciudad; v. Roberto WEISS, *ibid.*, lámina frente a pg 119.

²²³ EUCLIDES, *Elementos*, corolario a 4.15; Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'Architettura*, Venecia, 1600, L. I; ANÓNIMO, *De Architectura*, Manuscrito c. 1550. Ed. facsímil, Murcia, Colegio de Arquitectos Técnicos, 1995, pl. 118-119; Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 11 v.

²²⁴ Antonio Averlino llamado FILARETE, *Trattato*, c. 1460, l. XXI, f. 167 r.

²²⁵ V. J. R. HALE, *Renaissance fortification: Art or Engineering?*, Londres, Thames and Hudson, 1977, pp. 45-46; Alicia CÁMARA MUÑOZ, «La arquitectura militar y los ingenieros de la monarquía española: aspectos de una profesión. (1530-1650)», *Revista de la Universidad Complutense*, 1981, p. 264; Antonio CAMPILLO, *La fuerza de la Razón. Guerra, Estado y ciencia en los tratados militares del Renacimiento, de Maquiavelo a Galileo*, Murcia, Universidad, 1987, p. 245. Para un lejano antecedente, los pentágonos de Villard, v. Cord MECKSEPER, «Über die Fünfeckkonstruktion bei Villard de Honnecourt und im späten Mittelalter», *Architectura*, 1983, pp. 31-40.

en e. A continuación se trazan rectas que pasen por g y por e, prolongándolas más allá de e; con centro en a y radio a b se traza un arco; donde intersekte a la recta g e tendremos un vértice h del pentágono; con el mismo radio trazaremos un arco con centro en b y donde intersekte a f e tendremos otro vértice k del pentágono. Sólo quedará trazar arcos con radio a b y centros en h y k; en la intersección de ambos tendremos el quinto vértice i. El pentágono obtenido así es equilátero y simétrico, pero no regular, porque sus ángulos no son iguales, aunque sí se aproximan a los 108º grados, con errores menores de dos grados. Todo parece indicar que Roriczer pretende construir un pentágono regular, y que desconoce otras soluciones exactas, no ya la de los *Elementos*, sino la más sencilla que ofrecerá unos años después Serlio [92].²²⁶

Esta consiste en trazar un círculo y dos diámetros perpendiculares, dividir uno de ellos en cuatro partes, tomar como centro un punto situado en la tercera de estas divisiones, trazar un arco que pase por el extremo del otro diámetro y hallar su intersección con el diámetro que hemos dividido. A continuación, trazaremos otro arco con centro en el extremo del segundo diámetro para hallar su intersección con el círculo, que uniremos al extremo del segundo diámetro; de esta manera obtenemos un lado del pentágono.²²⁷ Rojas cita la proposición undécima del cuarto libro de Euclides, pero no la desarrolla porque prefiere exponer «una regla general que yo he hallado por mi parte, y muchos Matemáticos la han aprobado por buena, porque tiene demostración».²²⁸

Mathes Roriczer da una construcción correcta para el octógono regular, consistente en trazar un cuadrado y sus diagonales, y describir cuatro arcos con centro en los vértices del cuadrado que pasen por su centro; los ocho puntos en que estos arcos intersectan a los lados del cuadrado son los vértices del octógono. Es curioso constatar que Serlio ofrece esta misma construcción exacta pero la acompaña de un dibujo incorrecto [94], pues los arcos no pasan por el centro del cuadrado, y como consecuencia el octógono no es regular.²²⁹ Este método no es

²²⁶ Mathes RORICZER, *Geometria Deutsch*, f. 1 v.-2. V. también Cord MECKSEPER, «Über die Fünfeckkonstruktion bei Villard de Honnecourt und im späten Mittelalter», *Architectura*, 1983, p. 38, que identifica la solución de Roriczer con la de Durero. A. SENÉ, «Un instrument de précision au service des artistes du Moyen Age: l'equerre», *Cahiers de civilisation médiévale*, 1970, p. 354; los ángulos que forman entre sí los lados de una escuadra representada en las enjutas de la catedral de Poitiers se aproximan mucho a los de los lados del pentágono regular, lo que permitiría emplear esta escuadra en la construcción de pentágonos. Pero las escuadras del tipo de Poitiers, con brazos divergentes, han desaparecido prácticamente en el Renacimiento, por lo que esta posibilidad es irrelevante para nuestros propósitos.

²²⁷ Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'Architettura*, Venecia, 1600, L. I, f. 18 v.; v. también Juan ARFE Y VILLAFANE, *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura*, l. I, f. 7.

²²⁸ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 11.

²²⁹ Mathes RORICZER, *Geometria Deutsch*, f. 3; Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'Architettura*, Venecia, 1600, L. I, f. 18 v.; cf. con *ibid.*, L. I, f. 11 v., donde se comete un error similar en la construcción de

apropiado para dividir el círculo en ocho partes, pero el que da el autor de *De Architectura* sí: inscrito un cuadrado en un círculo se dividirá en cuatro partes cada lado, construcción que da por sabida, y se unirán los puntos primero y tercero de cada lado con el centro del cuadrado, mediante una recta que se prolonga hasta intersectar con el círculo; así obtiene los otros cuatro vértices del octógono.²³⁰

También ofrece este último una construcción para el decágono regular, análoga a la que ofrece Serlio:²³¹ trazado un círculo y dos diámetros perpendiculares, se divide uno de ellos en cuatro partes y se une el punto así obtenido con el extremo del otro diámetro; si del segmento así trazado restamos la mitad del semidiámetro, tendremos el lado del decágono.²³²

Hemos visto métodos específicos para construir polígonos de cinco, seis, ocho o diez lados. Para otros polígonos, los tratados dan métodos generales. Es trivial unir los vértices de un polígono de dos en dos para obtener una figura con la mitad de lados del polígono original, tal como el triángulo del hexágono o el pentágono del decágono.²³³ Tampoco es difícil construir la mediatriz de cada lado para obtener un polígono de número de lados doble del original, «como por el exángulo el duodeángulo y la figura de veinte y cuatro lados, y de cuarenta y ocho y por el otángulo la figura de diez [y seis] lados, y de treinta y dos, y de sesenta y cuatro».²³⁴

Pero estos procedimientos no resuelven todos los casos: quedan fuera algunos frecuentes como el heptágono o el nonágono.²³⁵ Mathes Roriczer, en su *Geometria Deutsch* da una fórmula para inscribir un heptágono en un círculo, consistente en trazar el hexágono inscrito en el círculo y tomar su apotema como lado del heptágono inscrito; la construcción es inexacta, pero suficientemente precisa para

elipses; uno y otro parecen atribuibles al grabador. V. también Juan ARFE Y VILLAFANE, *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura*, l. I, f. 8.

²³⁰ ANÓNIMO, *De Architectura*, Manuscrito c. 1550. Ed. facsímil, Murcia, Colegio de Arquitectos Técnicos, 1995, pl. 119. Robert BRANNER, «Drawings from a thirteenth-century architects' shop: the Reims palimpsest», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1958, p. 15 dice que en el palimpsesto de Reims «the octagon seems to have been by the simple method of bisecting an angle rather than by any of the late mediaeval systems such as Matthew Roriczer's», pero no precisa más.

²³¹ Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'Architettura*, Venecia, 1600, L. I, f. 18 v.

²³² ANÓNIMO, *De Architectura*, pl. 119-120.

²³³ ANÓNIMO, *De Architectura*, pl. 120.

²³⁴ ANÓNIMO, *De Architectura*, pl. 120-121; aquí el copista sufre sin duda un error, pues el manuscrito dice literalmente «la figura de diez lados», pero se refiere indudablemente a la de diez y seis, pues se obtiene del octógono y da lugar a los polígonos regulares de treinta y dos y sesenta y cuatro lados. V. también Juan ARFE Y VILLAFANE, *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura*, l. I, f. 9: «Todas las diuisiones demostradas / mostrara esta figura claramente / En ella quedan todas apuntadas / cada vna de las otras diferente / En esta sola pueden ser halladas / todas por presto modo y excelente / Que quando sean de numeros impares / haziendo de vna dos, las haran pares»

²³⁵ V. p. ej. Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 58 r.

*Figura 94. Sebastiano Serlio, Tutte l'opere
d'Architettura, f. 14.*

*Figura 95. Sebastiano Serlio, Tutte l'opere
d'Architettura, f. 14 v.*

17

Figura 96. Juan de Arfe y Villafañe, De varia conmesuración ... f. 8 v.

muchas aplicaciones prácticas.²³⁶ Serlio da para estos casos una fórmula aproximada un tanto ingenua. Si se quiere trazar un nonágono, se divide un círculo en cuatro partes mediante dos diámetros perpendiculares, y una de estas cuatro partes «dividiremos en nueve partes, cuatro de las cuales formarán infaliblemente una novena parte de toda la circunferencia» [95, 96].²³⁷ Ya que no se dice otra cosa, hay que suponer que el cuadrante se divide en nueve partes por aproximaciones sucesivas, y la regla parece estar basada en un razonamiento circular: para evitar dividir el círculo por prueba y error, se hace lo propio con el cuadrante. Pero hay una razón que justifica este modo de actuar; los trazados se hacen en el suelo y la economía de esfuerzos y tiempo es esencial. Por tanto será menos laborioso realizar las operaciones de prueba y error en el cuadrante y después extrapolarlas al círculo, aun a costa de multiplicar por cuatro los errores.

En *De Architectura* aparece un procedimiento más elaborado, pero igualmente inexacto. Si se quiere aumentar en uno el número de lados de un polígono, por ejemplo para transformar un hexágono en heptágono, dividiremos el arco correspondiente a un lado en tantas partes como lados ha de tener el polígono transformado, siete en este caso; tomando seis de ellas, tenemos el lado del heptágono. La fórmula ofrece la ventaja de trabajar en un espacio reducido sin multiplicar los errores por cuatro; pero tampoco es exacta.²³⁸

17

División de arcos cualesquiera y mixtilíneos

La trisección del ángulo con escuadra y compás es uno de los problemas favoritos de los matemáticos aficionados, tanto o más que la cuadratura del círculo, con la que está relacionada.²³⁹ Caramuel incluye en su *Mathesis biceps* una regla aproximada para la trisección del ángulo.²⁴⁰ Aranda utiliza en varias ocasiones una técnica relacionada con este problema, pues ha de dividir en varias partes iguales

²³⁶ Mathes RORICZER, *Geometria Deutsch*, f. 1; Lon R. SHELBY, «The geometrical knowledge of medieval master masons», *Speculum*, 1972, p. 413. Inscribiendo un heptágono en un círculo de cuatro varas de diámetro, el error de cierre es algo mayor de un dedo.

²³⁷ Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'Architettura*, Venecia, 1600, L. I, f. 18 v. V. también Juan ARFE Y VILLAFANE, *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura*, l. I, f. 8 v.- 9r.

²³⁸ ANÓNIMO, *De Architectura*, pl. 120 -121-122. V. también Hernán RUIZ, *Libro de arquitectura*, f. 26 v. y 27.

²³⁹ José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, p. 108.

²⁴⁰ Antonio BONET CORREA, «Juan Caramuel de Lobkowitz, polígrafo paradigmático del Barroco», en Juan Caramuel de Lobkowitz, *Arquitectura civil recta y oblicua*, Madrid, Turner, 1984 (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, p. 206)

un arco escarzano.²⁴¹ El autor de los *Cerramientos* no rehuye la dificultad, como se puede comprobar observando el *Arco capialzado por robos*²⁴² que presenta dos testas, una en arco de medio punto y la otra en escarzano y dovelas dispuestas de forma que las caras de lecho forman un haz de planos de canto [97]. Podría haber repartido el dovelaje en el arco de medio punto y llevarlo al escarzano a través de los planos de canto, pero hace exactamente lo contrario. En principio hay que pensar que este problema se resuelve de forma aproximada, puesto que incluso Frézier aconseja hacerlo así:

Esta operación considerada geoméricamente es casi siempre imposible, pues depende de la trisección del ángulo, que todavía no se ha encontrado; pero esta precisión es inútil en las Artes, es suficiente buscar estas divisiones por tanteos [...] porque se pueden hacer sin deformidad bóvedas de piedras de tamaños diferentes, siempre que [...] la diferencia de tamaños sea poco sensible²⁴³

Esta sospecha se ve reforzada por la forma de abordar el reparto del dovelaje en los arcos apuntados [98], que aborda Aranda en el *Arco diagonal por esquina*.²⁴⁴ Al dividir un arco apuntado en cinco partes, la clave queda dividida entre las dos ramas del arco. Cabe la posibilidad de repartir el dovelaje de forma que la suma de las dos cuerdas de cada mitad de la clave, desde su extremo al punto central, sea igual a la cuerda de una dovela; o lo que es lo mismo, dividir en cinco partes iguales cada mitad del arco apuntado para tomar dos, dos y una. Pero Aranda no hace eso, sino que divide en cinco partes la totalidad del arco apuntado de manera que la cuerda de la clave, medida entre sus extremos, mida lo mismo que una dovela normal, cosa que sólo puede hacerse por tanteos.

18

Cambios de escala y transformaciones geométricas

Como hemos señalado más arriba, los maestros de la Baja Edad Media y el Renacimiento no cuentan con un medio de cambio de escala de uso general, pero sí con soluciones parciales.²⁴⁵ Todavía en el siglo XVI Philibert de L'Orme

²⁴¹ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 14, 18, 40, 42, 44, 45, 46, 47, 148, 150, 151, 152, 156, 158, 160, 162, 166, 167, 178, 180, 182, 186, 188, 190, 194, 196, 198, 200, 202, 204, 206 y 215.

²⁴² Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 40 y p. 125 del Tomo II de este trabajo.

²⁴³ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, p. 280: «Cette operation considerée geometriquement, est presque toujours impossible, parce qu'elle dépend de la trisection de l'angle qu'on n'a pas encore trouvée; mais cette précision est inutile dans les Arts, il suffit de chercher ces divisions en tâtonnant, [...] puisqu'on peut faire sans difformité des voutes de Pierres d'une largeur inégale, pourvû [...] que la difference des largeurs soit peu sensible»

²⁴⁴ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 95. V. también el *Arco diagonal por esquina de lados desiguales*, en la pl. 96 y p. 227 del Tomo II de este trabajo.

²⁴⁵ V. Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 90 de la ed. de 1973.

Figura 97. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 40.

Figura 98. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 95.

Figura 99. Philibert de l'Orme, Le Premier Tome de l'Architecture, f. 43 v.

experimenta enormes dificultades para cambiar de escala una figura compleja.²⁴⁶ Estos escollos son la causa de que los arquitectos entreguen con frecuencia plantillas o dibujos a tamaño natural. Siloé da plantillas en El Salvador de Úbeda;²⁴⁷ con ocasión de la construcción del Cuerpo del Reloj de la Giralda sevillana, Hernán Ruiz el Joven realiza dibujos «de la propia grandeza y forma y manera que los dichos remates han de tener»; en la obra del Escorial se repite hasta la saciedad la cláusula según la cual se facilitará a los destajeros una muestra de cada molde o «baybel» necesario para ejecutar la obra, pero que si necesitan más de uno, han de hacerlo a su costa.²⁴⁸

En general las figuras radiales se amplían sin dificultades: en el museo de la catedral de León hay una piedra tallada plana de contorno irregular sobre la que está grabada, probablemente con una punta de acero, el trazado bastante fiel de la rosa del transepto norte de la catedral; el centro del rosetón y uno de los centros secundarios están muy erosionados, como si se hubieran tomado sobre ellos medidas hasta destrozarlos casi por completo.²⁴⁹ Los dibujos de Anton Pilgram y varios de los propuestos por Bucher como «working drawings» encajan en la categoría de dibujos radiales en sentido amplio. También Alberti se basa en el método radial en su intento de levantar un mapa de Roma.²⁵⁰ No es de extrañar

²⁴⁶ V. Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996, pp. 64-68. Esto lleva a afirmar a POTIÉ, p. 68, que «ce dessin offre difficilement ce lieu de manipulation intellectuelle qui en fait un support de réflexion technique ou un instrument de prescription pour le chantier. L'absence de références numériques interdit que s'établisse la dimension d'une codification suffisamment autonome pour permettre de telles opérations [...] La préférence accordée par De L'Orme aux maquettes, comme supports de réflexion et d'anticipation préalable à toute pensée constructive, ne nous surprend donc pas. Il est à cette titre remarquable que De L'Orme, après avoir exposé son système de relevé, n'imagine aucunement que celui-ci puisse venir remplacer la maquette comme outil d'anticipation et les gabarits comme outils de prescription sur le chantier». La práctica escorialense es muy diferente; allí sí que juegan los dibujos un papel esencial en la transmisión de las órdenes.

²⁴⁷ Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, pp. 80 y 190 de la ed. de 1983

²⁴⁸ Antonio de la BANDA Y VARGAS, *El arquitecto andaluz Hernán Ruiz II*, p. 57; Alfredo J MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, Madrid, Akal, 1996, p. 28; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo: estudio histórico sobre el Escorial de Felipe II*, Madrid, Alpuerto, 1994, pp. 231, 233, 236, 238, 242, 244, por citar sólo algunos ejemplos.

²⁴⁹ Debo el conocimiento de la rosa a Antonio MARTÍNEZ RIPOLL, que está realizando un trabajo sobre ella, y que me señaló como el deterioro del polo y de los centros secundarios vendría causado por las medidas tomadas alrededor de ellos. V. también las rosas en VILLARD DE HONNECOURT, *Cuaderno*, c. 1225, lam. 30-31 de la numeración de Omont, seguida en la ed. de 1986.

²⁵⁰ Roberto WEISS, *The Renaissance discovery of classical antiquity*, pp. 91-92; Gustina SCAGLIA, «Alberti e la meccanica della tecnologia descritta nel 'De re aedificatoria' e nei 'Ludi matematici'», en Joseph Rykwert, ed., *Leon Battista Alberti*, Milán, Electa, 1994, p. 321; Charles BURROUGHS, «Alberti e Roma», *ibid.*, p. 135.

que hayan llegado a nosotros algunas rosas grabadas en piedra a escala reducida y unos pocos gabletes trazados a tamaño natural.²⁵¹

Un medio sencillo de cambio de escala es el de la cuadrícula, ya utilizada por los egipcios²⁵² y que resurge en el *Premier tome de l'Architecture* [100]; pero Colombier ha puesto de manifiesto que ninguno de los dibujos medievales de arquitectura que conocemos parece haber sido construido sobre una cuadrícula; este argumento se opone el uso de la cuadrícula para pasar de escala de papel a papel. Pasar de escala del papel al terreno mediante la cuadrícula es en principio posible, pero poco realista, pues el gran esfuerzo necesario para trazar multitud de líneas a gran escala es contrario al principio de economía de los trazados,²⁵³ salvo que el propio objeto a construir se base en la cuadrícula; pero en tal caso, el problema se resuelve ya por medio de cotas, que serán la solución definitiva.²⁵⁴

Otro medio de cambio de escala que se ha propuesto es el del compás de proporciones; Colombier ha rebatido esta posibilidad afirmando que los compases que se han tenido por tales, como el de la lápida sepulcral de Hugues Libergier en la catedral de Reims no son de proporciones, puesto que sus dos puntas superiores son romas. En cualquier caso, su pequeño tamaño excluye la utilización para pasar de papel a tamaño natural.²⁵⁵

Un método interesante aparecido durante el Renacimiento es el «transporte» serliano [101], que se basa en seccionar una figura por una recta, trazar líneas paralelas con una dirección dada e intersectarlas con otra recta oblicua a la primera. El procedimiento es sencillo y práctico, pero depende de la pericia del que lo emplea, porque en realidad sólo cambia de escala en la dirección de la recta; el cambio de escala en la dirección perpendicular se logra por artificios como el trazado circular de una columna.

²⁵¹ Wolfgang SCHÖLLER, «Le dessin d'architecture a l'époque gothique», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, pp. 228, 229, 232, 234, 235. Es de señalar que Schöller rebate la tesis de Branner según la cual se realizan dibujos a escala natural a causa de las dificultades de cambio de escala basándose en las rosas; pero precisamente las rosas son la excepción que confirma la regla; sólo se realizan dibujos de ejecución, grabados casi siempre en piedra y no en el caro pergamino, cuando se dispone de un método de cambio de escala sencillo y efectivo.

²⁵² Alexander BADAWY, «Ancient constructional diagrams in egyptian architecture», *Gazette des Beaux-Arts*, 1986, pp. 55-56; José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, p. 82.

²⁵³ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 90 de la ed. de 1973. Las cuadrículas que encontramos en Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 226, 228, 233 v., 236, no parecen tener relación con el replanteo.

²⁵⁴ V. Franklin TOKER, «Gothic architecture by remote control: an illustrated building contract of 1340», *Art Bulletin*, 1985, pp. 67-95.

²⁵⁵ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 90-91 de la ed. de 1973. V. también Lon R SHELBY, «Medieval mason's tools: compass and square», en *Technology and culture*, 1965, p. 242; Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, p. 59 de la ed. de 1993.

Figura 100. Philibert de l'Orme, Le Premier Tome de l'Architecture, f. 226.

Figura 101. Sebastiano Serlio, Tutte l'opere d'Architettura, f. 8.

Figura 102. Hernán Ruiz, Libro de Arquitectura, f. 39 r.

Figura 103. Hernán Ruiz, Libro de Arquitectura, f. 45 v.

Figura 104. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 222.

Precisamente ese punto débil del mecanismo es el que van a utilizar los maestros españoles para alcanzar unos objetivos que no tienen nada que ver con los de Serlio. Para el boloñés, el «transporte» es sólo un procedimiento de cambio de escala, puesto que en la tradición clásica cada objeto tiene una proporción inmutable.²⁵⁶ En el «transferente» de Hernán Ruiz los dos factores de cambio de escala, a lo largo y perpendicularmente a la recta de corte, son iguales en ocasiones, como en Serlio [102]. Pero en otros casos Ruiz emplea factores de escala diferentes y lo que obtiene es un **cambio de proporción** [103]. En uno de los casos, un arco esviado, se utiliza el «transferente» para obtener el desarrollo de la testa oblicua, esto es, para pasar de semicírculo a semielipse.²⁵⁷

Aranda irá más lejos en esta dirección, pues no se limitará a un simple cambio de escala con factores diferentes, sino que llegará a deformaciones cercanas al terreno de las anamorfosis [104]. En las *difinitiones* primera y tercera de la primera parte de los *Cerramientos* aparecen varias transformaciones que pasan del círculo a la elipse. En la *difinition* segunda de la tercera parte, dada una figura, por ejemplo la moldura F, se trazan paralelas que pasen por sus vértices y que formen ángulo con una línea H; tomaremos las distancias que determinan las paralelas al intersectar con H y las llevaremos sobre una línea separada tal como la base de la figura I, para «no entoscar la traza»; por los puntos así obtenidos levantaremos perpendiculares a la base y sobre cada uno de ellos llevaremos las distancias de cada vértice de F a la base de esta figura. Así, las longitudes a lo largo de la base de F se agrandan en función del ángulo que forma su base con H, mientras que las distancias a la base de F se mantienen invariables, con lo que tenemos que uno de los factores de cambio de escala será igual a la unidad mientras que el otro será mayor, dependiendo del ángulo que forme H con la base de F.

Esta transformación es básicamente igual a otras incluidas en el *Libro de Arquitectura* de Hernán Ruiz, y en último término deriva de Serlio, aunque sus objetivos sean bien distintos. En cambio, a continuación Aranda nos ofrece una deformación singular, sin precedente en Serlio ni en Hernán Ruiz. Se trata de adaptar una moldura obtenida por deformación de otra a la superficie cóncava de una caja de escalera; nos encontramos por lo tanto ante una verdadera cadena de transformaciones geométricas. Se toman otra vez distancias a lo largo de la línea base de la moldura de partida M y se llevan a lo largo de la circunferencia O. A continuación se miden las distancias a la línea base de M y se levantan radialmente

²⁵⁶ Esta regla no es rígida y tiene excepciones motivadas casi siempre por correcciones perceptivas. V. p. ej. Leon Battista ALBERTI, *De Re Aedificatoria*, lib. VII, cap. 9, pp. 593, 595 de la ed. de Orlandi.

²⁵⁷ Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Estudio» en *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, pp.14-19.

a partir de O. El resultado recuerda hasta cierto punto a las imágenes anamórficas destinadas a reflejarse en un cilindro especular.

En cambio, no aparece en los *Cerramientos* una serie de transformaciones geométricas relacionadas en cierto modo con las anteriores pero de inequívoca raíz medieval: la transformación afín que da lugar a los nervios «revirados» o «con bulco» de las bóvedas tardogóticas, es decir, aquellos que se deforman al proyectar la planta del nervio sobre la superficie de la bóveda y también a las claves en esviaje de Juan de Badajoz en el claustro y la sacristía de la catedral de León.²⁵⁸ Estos dos géneros de deformaciones darán lugar a partir del siglo XVI a temas unidos significativamente a los tratados de cantería y estereotomía, como las balaustradas y órdenes «oblicuos» de De L'Orme, Vandelvira y Caramuel, empleados por Aranda en la escalera del Obradoiro y que se arrastran hasta la época de Portor y Castro y Frézier.²⁵⁹

19

Abatimientos

Como veremos más adelante, el sistema de labra preferido por los maestros renacentistas es de *plantas al justo* o «par panneaux» en la tradición francesa, más complejo geométricamente, pero más eficaz en la labra.²⁶⁰ Este método se basa en **abatimientos**, esto es, en giros en el espacio alrededor de una recta denominada **eje** o **charnela** con objeto de llevar las figuras contenidas en un plano cualquiera al plano horizontal o más raramente, vertical.²⁶¹ Los puntos contenidos en la charnela no se mueven en el giro, mientras que los que están fuera del eje se desplazan en planos perpendiculares a éste. Pero esta construcción, conceptualmente sencilla para nosotros, no lo era tanto para los maestros del Renacimiento, que la fueron dominando poco a poco a través de sucesivas generalizaciones.

²⁵⁸ Rodrigo GIL DE HONTAÑÓN, *Manuscrito*, f. 24, 24 v.; María Luz ROKISKI LÁZARO, «La cabecera de la iglesia de Priego (Cuenca): Dibujos y tasación», *Cuenca*, 1980, p. 33; María Dolores CAMPOS SÁNCHEZ-BORDONA, *Juan de Badajoz y la arquitectura del Renacimiento en León*, pp. 99-100, 351-356, 361-364, 375, 401.

²⁵⁹ Juan CARAMUEL [DE LOBKOWITZ], *Arquitectura civil recta y obliqua considerada y dibujada en el templo de Ierusalén ...*, Vigevano, Imprenta Obispal, 1678, trat. VI, art. XII; trat. IX, art. IV; parte IV, lám. 1, 6-21; Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708 (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114, f. 3 v.); Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, pp. 174-176; Yves BOTTINEAU-FUCHS, «Abraham Bosse 'interprète' de Desargues», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, pp. 377-383.

²⁶⁰ V. p. 226 y ss. y 235 y ss.

²⁶¹ Cf. Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, p. 319 y ss., que incluye los abatimientos entre la categoría más general de la *Epipedographie o Developpement*.

En el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*²⁶² Aranda dispone en las dos testas paralelas sendos arcos de medio punto excéntricos y de diferente diámetro, y reparte el dovelaje mediante un haz de planos de canto. Aunque la labra se va a resolver *por robos*, sistema menos exigente que las sofisticadas *plantas*, Aranda va a utilizar un abatimiento elemental para reducir el derroche de trabajo y material y al mismo tiempo mejorar la precisión del resultado. La idea es abatir los planos de lecho alrededor de la recta perpendicular a las testas o **de punta** que pasa por el extremo inferior de la junta de intradós. Como este extremo está en la charnela, no se moverá. El otro extremo sí se desplazará, pero lo hará en un plano perpendicular a la charnela, que no es otro que el plano de testa. Sabiendo esto, es fácil trazar el abatimiento de la junta de intradós o *saltrarregla*, pues no tenemos más que tomar la distancia entre el extremo de la recta de punta y el extremo de la junta de intradós del alzado, teniendo en cuenta que la podemos identificar con la distancia entre ambos extremos de la junta de intradós, y llevarla sobre el plano de testa a partir de un extremo de la recta de punta; uniendo el punto así obtenido con el otro extremo de la recta de punta tendremos el abatimiento que buscamos.

El procedimiento es probablemente de origen medieval. En el *Cuaderno* de Villard de Honnecourt aparece un arco esviado con marcas muy próximas a las jambas.²⁶³ Lalbat, Margueritte y Martin, canteros, identificaron este arco con el «Biais passé» de Mathurin Jousse, que corresponde al *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos* de Aranda.²⁶⁴ Según estos autores, las marcas corresponderían a los extremos de las *saltrarreglas* de Jousse, que se disponen próximas a las jambas como en De L'Orme.²⁶⁵ Sin embargo, esta solución no ha sido aceptada plenamente, en parte por la existencia de una escuadra que parece sugerir una solución más próxima a otras trazas como la «Porte biaise par teste» de Philibert o el segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas* de Aranda.²⁶⁶ La cuestión es verdaderamente difícil de resolver, porque las exiguas marcas junto a las jambas apenas dan campo a cualquier interpretación. Sin embargo, hasta ahora no se ha tenido en cuenta la losa sepulcral de un arquitecto desconocido, en la iglesia de Saint-Ouen de Rouen, en la que aparece una figura muy similar a las *saltrarreglas* de

²⁶² V. p. 54 del Tomo II.

²⁶³ VILLARD DE HONNECOURT, *Cuaderno*, lám 39, según la numeración de Omont.

²⁶⁴ V. también François BUCHER, *Architector. The Lodge Books and Sketchbooks of Medieval Architects*, New York, Abaris, 1979, p. 119 y Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, pp. 169-175.

²⁶⁵ En Aranda y Rojas las *saltrarreglas* se disponen en su lugar natural, partiendo de la proyección del extremo inferior; pero esa disposición es contraria al principio de economía de los trazados, pues obliga a bajar *plomos* de todos los extremos de las juntas, cosa que evita Jousse. Parece que la disposición de las *saltrarreglas* por todo el arco se debe a una intención didáctica y que en la práctica Aranda las trazaría junto a las jambas.

²⁶⁶ Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 38.

De L'Orme y Jousse, identificada por Colombier con un cuaderno y por Vandekerchove con redes.²⁶⁷ Si en lugar de tratarse de un cuaderno, estuviéramos ante las *saltrarreglas*, podríamos afirmar que el método es efectivamente de origen medieval.

En el *Arco viaje contra viaje por testa*, correspondiente a la «Porte biaise par teste» de Philibert de L'Orme,²⁶⁸ encontramos la generalización de esta noción de abatimiento. Aquí también abatiremos respecto a una recta de punta, pero en este caso las testas no son perpendiculares a la charnela. El segmento que tratamos de abatir es en este caso paralelo y no concurrente con la recta de punta, pero eso simplifica las cosas. Al ser paralelo a la recta de punta y por tanto perpendicular al plano del alzado, podemos tomar la distancia entre el segmento y la recta de punta del alzado; trazando una paralela a la recta de punta separada precisamente esta distancia, tendremos el segmento abatido. Falta situar sus extremos, pero podemos tener en cuenta que se desplazarán en planos perpendiculares a la charnela y, dado que ésta es una recta horizontal, verticales. Al ser verticales estos planos, pasarán por la proyección de los segmentos que queremos abatir, y los podemos representar por rectas que pasan por estas proyecciones. Donde estas rectas intersecten al abatimiento que ya habíamos obtenido, estarán los extremos del segmento que queremos obtener.

Si De L'Orme había generalizado una construcción medieval, Rojas generaliza en su «Arco viaje contra viaje» la construcción de De L'Orme para abatir alrededor de rectas horizontales cualesquiera. Las *trazas* de Rojas no incluyen explicación por escrito, por lo que hemos de buscarla en el segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas* de Aranda. Como en el caso anterior, abatimos con charnela en la junta de intradós inferior de la dovela. Pero como las juntas de intradós no son rectas de punta, no podemos tomar su distancia del alzado y situar la junta de intradós superior directamente; hemos de comenzar por sus extremos, que se desplazarán pero manteniéndose en un plano perpendicular a la charnela; podemos trazar una recta ortogonal a ésta que pase por la proyección horizontal del extremo de la junta de intradós superior. Si trazamos un arco con centro en el extremo de la junta de intradós inferior y con radio igual a la distancia entre los extremos de ambas juntas, que sí podemos tomar del alzado, tendremos el punto que buscamos donde este arco intersecte a la recta que pasa por la proyección del extremo de la junta de intradós superior. Del mismo modo podemos construir el otro extremo,

²⁶⁷ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 103, 184 de la ed. de 1973; Christian VANDEKERCHOVE, «L'iconographie medievale de la construction», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, p. 78.

²⁶⁸ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 71.

con lo que estamos en condiciones de cerrar la *planta* o plantilla de intradós de la dovela.

20

La economía de los trazados

Trazar en el suelo es lento y fatigoso. El esquematismo de las «épures» medievales se debe sin duda a la intención de representar únicamente los elementos imprescindibles para resolver los problemas geométricos y obtener las plantillas.²⁶⁹ De L'Orme, Vandelvira y Aranda buscan y aprovechan cualquier ocasión para trazar una línea menos. En la práctica se llega en ocasiones a extremos sorprendentes: en el Colegio de Nuestra Señora de la Antigua en Monforte de Lemos, un solo trazado representa dos bóvedas diferentes, una de planta cuadrada y otra de planta rectangular.²⁷⁰

Cuando Serlio y el autor anónimo de *De Architectura* se plantean dividir el círculo en un número cualquiera de partes por prueba y error, lo hacen sobre el cuadrante o sobre una parte menor del círculo, para trabajar en un área reducida.²⁷¹

Entre los textos de cantería quinientistas españoles y franceses, es la *Teórica y práctica de fortificación* la que lleva hasta las últimas consecuencias el principio de economía de los trazados. En el «Viaje contra cuadrado»,²⁷² por poner un ejemplo extremo, Rojas construye un alzado por proyección sobre el plano de la testa menor en el que se representan únicamente los intradoses de los dos arcos de embocadura, reparte el dovelaje en el menor y traza las juntas de testa pasando por su centro. Tiene por tanto definido de forma esquemática el sólido capaz de cada dovela, que viene dado por la proyección de la testa menor y de las dos caras de lecho, prolongadas más allá de la testa mayor, y por el trasdós; pero Rojas, dentro de su radical economía de trazado no representa ni el trasdós, que en la cantería española del Renacimiento se resuelve de forma aproximada, ni siquiera las prolongaciones de las juntas de testa hacia éste.

²⁶⁹ Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, París, B. Bauge, 1854, t. VI, pp. 445, 456; Wolfgang SCHÖLLER, «Le dessin d'architecture à l'époque gothique», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, p. 234; Roland BECHMANN, «Les dessins techniques du Carnet de Villard de Honnecourt», p. 53 de la trad. española; Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 42.

²⁷⁰ Manuel J. FREIRE TELLADO, «Los trazados de monte de factura renacentista del edificio de los escolapios de Monforte de Lemos (Lugo)», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 176-177.

²⁷¹ Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'Architettura*, Venecia, 1600, L. I, f. 18 v.; ANÓNIMO, *De Architectura*, pl. 120 -122 y p. 170 y ss. de este trabajo.

²⁷² Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 98 v.

Son muy frecuentes en Vandelvira las referencias a la simetría de los trazados, que permite reutilizar las «plantas» y «saltarreglas» sin más que darles la vuelta: «así plantas como saltarreglas sirven las de un cabo al otro, vueltas lo de arriba abajo».²⁷³ Otra ventaja de la simetría es que las plantillas de intradós de las claves coinciden con su proyección en planta y no es necesario construirlas: «la clave cae a plomo y así es la misma de la traza».²⁷⁴ Aunque Aranda no se refiere explícitamente a estas simplificaciones, es indiscutible que las tiene en mente, porque en general traza todas las plantillas de las piezas asimétricas, mientras que en las simétricas y antisimétricas se limita a construir las de un lado. Es más, en el *Arco abocinado* y el *Arco en vuelta de horno por cara* aprovecha la simetría radial para resolver toda la pieza con una sola plantilla de intradós.²⁷⁵

En el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*,²⁷⁶ Aranda traza unas *plantas* peculiares, pues representan no una u otra de las caras del sólido capaz que envuelve a la dovela, sino su sección por un plano vertical y perpendicular a la testa adintelada que pasa por el punto más bajo de la testa de la dovela [105]. Esta sección se obtiene abatiendo con charnela en la intersección de ese plano con la línea de impostas, y se dispone no sobre su posición natural, sino sobre el eje de simetría de la planta para poder aprovechar la sección horizontal de la *vuelta de horno* en la que se abre la testa en arco, como sección de la misma superficie por un plano vertical. Esta operación es una nueva manifestación del ingenio de los canteros del Renacimiento para resolver los problemas con una sorprendente economía de trazados; pero es también la responsable de que la superficie de testa obtenida no sea esférica, pues la sección horizontal de la bóveda se utiliza como sección vertical de la superficie de testa por cualquier plano vertical paralelo al plano de simetría del capialzado. Como resultado, no existe diferencia entre círculos máximos y menores. Por tanto, la superficie es no es una superficie esférica, sino la superficie de traslación generada por una circunferencia al deslizarse a lo largo de otra de igual radio.

De todas formas, Aranda no lleva tan lejos el principio de economía de los trazados como otros autores, pues en muchas ocasiones cede ante una intención didáctica. En el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos* y en el *Arco viaje contra viaje por cara por plantas y por robos*²⁷⁷ aborda un problema relacionado con

²⁷³ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 19 v.; v. también 12 v., 21 v. Cf. Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 100 r.

²⁷⁴ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 19 r.; v. también Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, 58 v.: «Le panneau de la clef [...] se trouue tout quarré pour estre au milieu de la voute de la porte».

²⁷⁵ V. pp. 109 y 174 del Tomo II.

²⁷⁶ V. p. 141 del Tomo III.

²⁷⁷ V. pp. 54 y 67 del Tomo II.

Figura 105. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 95.

Figura 106. Corredor volado sin columnas formado de arcos avanzados, pl. 112.

el de la «Porte biaise & quarré par les deux costez» de Philibert de L'Orme y con el «Biais Passé» de Mathurin Jousse,²⁷⁸ pero mientras De L'Orme y Jousse representan las *saltrarreglas* agrupadas en la jamba, Aranda las dispone en la vertical con lo que precisa bajar los *plomos* o verticales correspondientes a cada dovela, lo que resulta más didáctico porque el lector puede comprender perfectamente la relación entre la *saltrarregla* y la junta de intradós que representa, aun a costa de faltar al principio de economía de los trazados.

En el *Corredor volado sin columnas formado de arcos avanzados* [106] Aranda traza en primer lugar una sección E por un punto genérico de la bóveda en pescante; cuando más adelante necesita disponer de una sección por un punto próximo a la esquina del patio, no se plantea reutilizar la sección E, cosa que podría hacer perfectamente puesto que esta es básicamente igual a la sección por un punto próximo a la esquina; por el contrario prefiere construir una nueva sección I para este fin, sin duda «por no entoscar la traza», como diría Vandelvira, y así hacerse entender mejor; cuando tiene que explicar la disposición de las dovelas a mataballo todavía construye una tercera sección.

Por el contrario, economía y claridad van de la mano en otras ocasiones. En la *Puerta por esquina de arco contra capialzado por rincón de arco*.²⁷⁹ Aranda traza la *cimbria* o desarrollo de la testa del arco, para lo cual baja plomos desde sus puntos más significativos hasta tocar un paramento, pero no el interior donde de verdad está la testa, sino el exterior, con lo que consigue, además de economía de líneas, no enmarañar el trazado.

21

El germen de un sistema de representación

En muchas ramas de la técnica actual el dibujo desempeña un papel imprescindible, pero sólo como **medio de representación**: se resuelve el problema mediante otros métodos, usualmente numéricos o algebraicos y una vez resuelto se representa gráficamente para transmitir la solución a los que han de ejecutarla. En cambio, en la estereotomía, como en la estática gráfica, la geometría es un **instrumento de trabajo** que sirve ante todo para hallar la solución al problema y que ocupa un lugar central en la técnica estereotómica o grafostática. Pero antes de abordar la solución al problema estereotómico es necesario resolver una cuestión previa: cómo representar el espacio tridimensional en el que se despliegan las piezas

²⁷⁸ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 69 v. a 70 v.; Enrique RABASA DÍAZ, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, p. 149.

²⁷⁹ V. p. 171 del Tomo III.

de cantería en el plano bidimensional del papel, la pared o el suelo. A lo largo de la Edad Media y el Renacimiento se van desarrollando técnicas de representación que permiten salvar este escollo, con orígenes diversos.

El concepto antiguo de «ichnografía» se relaciona con el acto de trazar o replantar los cimientos de un edificio; es un concepto diferente de la idea moderna de proyección ortogonal.²⁸⁰ Pero de una forma u otra, de esos trazados y replanteos descienden las «épures» y planos medievales a los que hacíamos referencia más arriba.

Como ha expuesto Sanabria, aunque son relativamente frecuentes los alzados de la época gótica, prácticamente ninguno corresponde a una proyección ortogonal correcta:²⁸¹ elementos iguales dispuestos en planos frontales y oblicuos se representan con las mismas dimensiones; los círculos en planos oblicuos aparecen como círculos perfectos y no como elipses; en ocasiones se giran arbitrariamente las plantas, lo que dificulta innecesariamente obtener el alzado de ellas; es decir, estos maestros no son capaces de obtener una proyección ortogonal con soltura y acuden con frecuencia al expediente de representar los planos oblicuos en verdadera magnitud, cosa que por otra parte permite obtener plantillas directamente sin necesidad de una restitución; de esta manera, el dibujo se construye como una suma de *monteas* reducidas de escala. Obviamente un dibujo compuesto de esta manera ha de ser necesariamente incoherente en muchos puntos, y esto debió de resultar muy evidente en los comienzos del Renacimiento, con su concepción continua, homogénea e isótropa del espacio.²⁸²

Se suele afirmar que el sistema de representación característico del Renacimiento es la perspectiva cónica; incluso en muchos casos se prescinde del adjetivo «cónica». Ciertamente es que la perspectiva lineal nace con el Renacimiento, que experimenta un desarrollo rápido a lo largo del siglo XV hasta llegar a la refinada perspectiva de Viator o el dibujo de Peruzzi para San Pedro de Roma; pero no es menos cierto que al menos desde Alberti se comprende que el medio adecuado para transmitir las órdenes necesarias para ejecutar las obras de arquitectura no es la perspectiva sino la proyección ortogonal:

²⁸⁰ Lino CABEZAS GELABERT, «'Ichnographia', la fundación de la arquitectura», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1992, p. 83.

²⁸¹ Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984: p. 60 para el palimpsesto de Reims, p. 62 para el alzado «A» de Estrasburgo, p. 65 para el dibujo 16871 de la Academia de Viena, pp. 67-68 para la escalera o «Schnegg» de la catedral de Constanza, pp. 68-69 para la flecha de la catedral de Estrasburgo, p. 71 para la catedral de Passau, pp. 78-79 para el púlpito de la catedral de Viena. Al parecer, la excepción es el alzado «B» de la catedral de Estrasburgo; v. *ibid.*, pp. 62-63.

²⁸² Erwin PANOFSKY, *Renaissance and Renascences in Western Art*, Estocolmo, Almqvist, 1960 (Tr. española de María Luisa Balseiro, *Renacimiento y renacimientos en el arte occidental*, Madrid, Alianza, 1975, pp. 185-187, 241).

el [pintor] se esfuerza en resaltar el relieve de los objetos en sus pinturas con líneas fugadas en ángulo y sombras, mientras que el arquitecto renuncia a las sombras, representa el relieve partiendo del diseño de la planta, para mostrar el verdadero tamaño y forma de las fachadas frontales y laterales sin alterar las líneas y conservando los ángulos, como el que quiere que su trabajo sea juzgado no por su apariencia ilusoria, sino por verdaderas dimensiones basadas en la razón²⁸³

Se ha señalado que estos métodos proceden de la cantería gótica.²⁸⁴ En la célebre reunión de maestros de Ratisbona se decide castigar al que revele el gran secreto geométrico de la masonería operativa: cómo obtener el alzado de la planta.²⁸⁵ Probablemente se refiere a operaciones como las que figuran en los folletos de Mathes Roriczer y Hannes Schmuttermayer; los alzados se construyen con ayuda de líneas verticales que parten de los puntos homólogos de la planta, como las *líneas a plomo* de Aranda y Vandelvira.²⁸⁶

Si los medios de Alberti son conservadores, los fines son revolucionarios, pues lo que pretende es asegurar que no desafíe la música de las proporciones armónicas. De ahí la obsesión por la precisión y la representación en verdadera

²⁸³ Leon Battista ALBERTI, *De Re Aedificatoria*, lib. II, cap. 1, p. 99 de la ed. de Orlandi: «Inter pictoris atque architecti perscriptionem hoc interest, quod ille prominentias ex tabula monstrare umbris et lineis et angulis comminutis elaborat, architectus spretis umbris prominentias istic ex fundamenti descriptione ponit, spatia vero et figuras frontis cuiusque et laterum alibi constantibus atque veris angulis docet, uti qui sua velit non apparentibus putari visis, sed certis ratisque dimensionibus anotari»; Wolfgang LOTZ, «Das Raumbild in der architekturzeichnung der italienischen Renaissance», en *Mitteilungen des Kunsthistorischen Instituts in Florenz*, 1956, pp. 193-226 (Tr. esp. de Jorge Sainz Avia en *La Arquitectura del Renacimiento en Italia*, Madrid, Blume, 1985, pp. 3, 4); Eugenio BATTISTI, «El método proyectual según el 'De Re Aedificatoria' de Leon Battista Alberti», *Il Sant'Andrea di Mantova e Leon Battista Alberti*, 1974, p. 79 de la tr. española; José María GENTIL BALDRICH, «Una relectura de la 'Carta sobre la Arquitectura' a León X», en *Dibujo y Arquitectura. Investigación Aplicada. Actas del IV Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, Valladolid, Grapheus, 1992, pp. 88, 93 traduce «indica en otros dibujos la forma y medida de la fachada y los lados» y no «levanta el alzado a partir de la planta [...] para mostrar el tamaño y forma cada fachada»; Juan Antonio RAMÍREZ, *Construcciones ilusorias. Arquitecturas descritas, arquitecturas pintadas*, Madrid, Alianza, 1983, pp. 69-70 destaca que un método de construcción de perspectivas pasa por obtener previamente proyecciones ortogonales; sobre el desinterés de Philibert por la perspectiva, v. José María GENTIL BALDRICH, «La interpretación de la 'scenografía' vitruviana o una disputa renacentista sobre el dibujo del proyecto», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1993, p. 23, y Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, p. 91.

²⁸⁴ Franklin TOKER, «Gothic architecture by remote control: an illustrated building contract of 1340», pp. 87, 88, considera su postura conservadora frente al empleo más moderno de la perspectiva como dibujo arquitectónico; como se verá a continuación, lo que sucede es que responden a fines muy distintos. V. también Fernando DÍAZ-PINÉS MATEO, «El problema de la sección en las representaciones gráficas de la arquitectura medieval», *Anales de Arquitectura*, 1995, p. 9, y Carlos GORDO MURILLO, *Bóvedas oblicuas en cantería. Sus elementos y morfología como factores determinantes de su uso*, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1997, p. 11.

²⁸⁵ Paul FRANKL, «The secret of the Medieval Masons», *Art Bulletin*, 1945, p. 46; Roland RECHT, *Le dessin d'architecture*, pp. 89-92.

²⁸⁶ Paul FRANKL, *ibid.*, p. 50; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, pp. 184-185; Lon R. SHELBY, «Introduction», en *Gothic Design Technics: The fifteenth-century design booklets of Mathes Roriczer and Hans Schmuttermayer*, Carbondale, Southern Illinois University Press, 1977.

magnitud de los elementos de plantas y fachadas; esto es lo que justifica la preferencia por un sistema tradicional, pero que podía dar la verdadera medida de los elementos de la fábrica, al menos los contenidos en planos horizontales, frontales y de perfil.

Por otra parte, el problema de la transmisión de las órdenes es cada vez más acuciante, por dos razones. Como veremos más adelante, la permeabilidad de la barrera entre artes mecánicas y liberales ha dado lugar no a que los todos los canteros adopten la condición social reservada a los practicantes de las artes liberales, sino a la aparición de la figura del «nuevo profesional», es decir al arquitecto versado en muchas ciencias que dirige cuadrillas de canteros convertidos en meros ejecutores.²⁸⁷ Por otra parte se abordan empresas constructivas de envergadura desconocida hasta entonces, como San Pedro de Roma y El Escorial, donde la cadena de mando se hace cada vez más compleja.²⁸⁸

No es de extrañar que sea precisamente en San Pedro de Roma donde se deje sentir con más fuerza la necesidad de un instrumento gráfico apropiado para la transmisión de los diseños a la obra, y precisamente en la época de Rafael, que se veía obligado a ausentarse de la obra durante largos períodos para atender otros encargos. En la famosa carta a Leon X de discutida autoría, se expresa claramente una consecuencia lógica del método de Alberti: una sola representación bidimensional no contiene suficiente información para representar el espacio sin ambigüedades, y para ello son necesarias dos, o mejor, tres proyecciones ligadas entre sí, incluyendo «la parete di dentro», esto es, la sección.²⁸⁹

²⁸⁷ V. p. 313 y ss.

²⁸⁸ James S. ACKERMAN, «Architectural practice in the Italian Renaissance», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1954, p. 5; Francisco ÍÑIGUEZ ALMECH, *Las trazas del Monasterio de El Escorial*, p. 33; Luis CERVERA VERA, *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, p. 181; Christoph Luitpold FROMMEL, «Il cantiere di S. Pietro prima di Michelangelo», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 179; George Edward KUBLER, *Building the Escorial*, p. 53-67; Juan José MARTÍN GONZALEZ, «Formas de representación en la arquitectura clasicista española del siglo XVI», p. 21, y Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pássim.

²⁸⁹ *Carta a Leon X*, de atribución discutida a Rafael SANZIO; transcrita partiendo de varias fuentes en Stefano RAY, *Rafaello architetto*, Bari, Laterza, 1974, p. 366: «dirò qual mi pare conueniente, per intendere tutte le misure: et saper trouare tutti li membri delli edeficii senza errore, El disegno adonque delli edifizii pertinente al archietto si diuide in tre parti, delle quali la prima siè la Pianta ougliam dire el disegno piano La seconda si è la parete di fuori con li suoi ornamentj La terza è la parete di dentro, pur con li suoi ornamenti». V. Wolfgang LOTZ, «Das Raumbild in der architekturzeichnung der italienischen Renaissance», (Tr. esp. de Jorge Sainz Avia, en *La Arquitectura del Renacimiento en Italia*, Madrid, Blume, 1985, pp. 19-20, 22); «Osservazioni intorno ai disegni palladiani», *Bulletino del Centro Internazionale di Studi di Architettura 'Andrea Palladio'*, 1962, pp. 61-68 (Tr. esp. de Jorge Sainz Avia en *La Arquitectura del Renacimiento en Italia*, p. 185); «El Cinquecento», pp. 277-278; Eugenio BATTISTI, «El método proyectual según el 'De Re Aedificatoria' de Leon Battista Alberti», *Il Sant'Andrea di Mantova e Leon Battista Alberti*, 1974, pp. 74-77 de la tr. española; Christoph Luitpold FROMMEL, «Il cantiere di S. Pietro prima di Michelangelo», en *Les Chantiers de la Renaissance*, pp. 178-179; Christof THOENES, «La teoría del dibujo

Significativamente, será Antonio de Sangallo el Joven, procedente de la práctica constructiva y uno de los pocos arquitectos italianos de la época que no había recibido una formación de pintor, el primero en representar correctamente «la pared de dentro» en una proyección ortogonal, un sistema más profesional y menos visual, en palabras de Lotz;²⁹⁰ también, los dibujos de Palladio, con su uso sistemático de las tres proyecciones ortogonales, derivan no sólo de Rafael y Antonio de Sangallo el joven, sino de la práctica de las canteras, según Howard Burns.²⁹¹

Todo parece indicar que en España se pasa sin solución de continuidad de los alzados y plantas góticas al sistema de Alberti y Rafael; por una parte, existía una tradición gótica bastante más poderosa que la italiana, y por otra, apenas tenemos dibujos en perspectiva lineal que puedan cubrir el papel de charnela que hacen los dibujos italianos de espacios interiores citados por Lotz.²⁹² Ocupa un lugar central, como en tantas otras cosas, la fábrica del Escorial, donde se levantan sistemáticamente plantas, alzados y secciones tanto de conjunto como de detalle, a partir de la época de Juan Bautista de Toledo, que había desempeñado un papel importante en San Pedro de Roma y sobre todo había trabajado con Antonio de Sangallo el Joven.²⁹³

de arquitectura en los tratados italianos del Renacimiento», en *Juan de Herrera y su influencia*, pp. 379-391; Roland RECHT, *Le dessin d'architecture*, pp. 15, 57; Leopold D. ETTLINGER, «La aparición del arquitecto italiano durante el siglo XV», en *The Architect. Chapters in the history of the profession*, p. 106 de la trad. esp.; Catherine WILKINSON, «The new professionalism in the Renaissance», *ibid.*, 143-146; Roberto WEISS, *The Renaissance discovery of classical antiquity*, Oxford, Blackwell, 1973, pp. 95-96; y José María GENTIL BALDRICH, «Una relectura de la 'Carta sobre la Arquitectura' a León X», en *Actas del IV Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, pp. 87-98, con traducción al castellano y comentario sistemático de la segunda parte de la carta, la que se refiere a sistemas de representación; v. esp. p. 88; del mismo autor, José María GENTIL BALDRICH, «La interpretación de la 'scenografía' vitruviana o una disputa renacentista sobre el dibujo del proyecto», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, p. 19.

²⁹⁰ Wolfgang LOTZ, «Das Raumbild in der architekturzeichnung der italienischen Renaissance», (Tr. esp. de Jorge Sainz Avia, en *La Arquitectura del Renacimiento en Italia*, pp. 29-30); «Osservazioni intorno ai disegni palladiani» (Tr. esp. de Jorge Sainz Avia, en *La Arquitectura del Renacimiento en Italia*, p. 185); «El Cinquecento», pp. 309-310.

²⁹¹ Howard BURNS, «Building and construction in Palladio's Vicenza», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 193; v. también Wolfgang LOTZ, «Osservazioni intorno ai disegni palladiani», (Tr. esp. de Jorge Sainz Avia, en *La Arquitectura del Renacimiento en Italia*, p. 185); James S. ACKERMAN, *Palladio*, Londres, Pelican, 1967, p. 26; Lionello PUPPI, *Andrea Palladio*, Milán, Electa, 1973, p. 9.

²⁹² Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 96-98.

²⁹³ Luis CERVERA VERA, *Documentos biográficos de Juan de Herrera 1572-81*, Madrid, Academia de San Fernando, 1981, p. 169; Catherine WILKINSON, «Proportion in practice: Juan de Herrera's design for the façade of the Basilica of the Escorial», *Art Bulletin*, 1985, p. 238; Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 62-63, 505-506; «Trazas, trazas, trazas. Tipos y funciones del diseño arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 353, 354; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, «La arquitectura de Felipe II», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, Madrid, Fundación Argentaria, 1998, p. 497. Rosenthal postula que la proyección ortogonal rafaelesca se utiliza por primera vez en España, en el palacio de Carlos V en la Alhambra. Sea esto cierto o no, el dibujo de la fábrica granadina no representa una aplicación íntegra del esquema de Rafael,

La difusión de este modo de representar no fue inmediata.²⁹⁴ Es cierto que venían realizándose plantas desde hace tiempo, pero frente a los correctísimos alzados y secciones herrerianos del tabernáculo del retablo mayor del Escorial, otros dibujos sufren dos contaminaciones de signo opuesto. La perspectiva medieval todavía aparece en una sección de Rodrigo Gil de Hontañón para la catedral de Segovia, que recuerdan a los alzados de la catedral de Reims de Villard de Honnecourt.²⁹⁵ La perspectiva central del Quattrocento italiano a veces se mezcla con la proyección ortogonal en las secciones de Hernán Ruiz por influencia de Serlio [107]. En el entorno en el que se mueve Aranda, Gaspar de Arce, Francisco de la Sierra y Juan de Astorga representan en 1570 tanto el interior como el exterior de la Torre de las Campanas de la catedral de Lugo con una mezcla incoherente de perspectiva central italianizante, espina de pez medieval y proyección ortogonal [109].²⁹⁶ Incluso dibujantes hábiles como Juan de Arfe todavía no captan algunas sutilezas: en una de sus custodias o «andas» [108] representa dos columnas iguales, una con la basa orientada respecto al plano del dibujo y la otra girada cuarenta y cinco grados; como es lógico, las dos columnas

puesto que se trata, que sepamos, de un alzado aislado, y lo esencial del sistema es la utilización conjunta de dos o más imágenes, que combinadas nos proporcionan las tres coordenadas de cada punto del edificio. V. también Fernando MARÍAS, «Trazas, trazas, trazas. Tipos y funciones del diseño arquitectónico», p. 355.

²⁹⁴ José María GENTIL BALDRICH, «Una relectura de la 'Carta sobre la Arquitectura' a León X», en *Actas del IV Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, p. 92.

²⁹⁵ VILLARD DE HONNECOURT, *Cuaderno*, lám 60 y 61 de la numeración de Omont; v. al respecto Erwin PANOFKY, *Renaissance and Renascences in Western Art*, p. 199 de la trad. española.

²⁹⁶ Ana GOY DIZ, «Los trasmeranos en Galicia: la familia de los Arce», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 150, 161; Miguel Ángel ARAMBURU-ZABALA, y Begoña ALONSO RUIZ, «La arquitectura después de Herrera», en *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunwerg, 1997, p. 246. En el exterior, los arcos del cuerpo bajo y el octógono que corona el prisma del cuerpo intermedio fugan, pero las caras laterales del prisma no; en el interior, la cornisa que marca el inicio de la cúpula fuga, pero el cuerpo bajo no. No es fácil saber a qué se refieren Aramburu-Zabala y Alonso cuando hablan de «las incorrecciones en la perspectiva central (que parece inspirada en los edificios de planta central publicados por Philibert de L'Orme en *Le premier tome de l'Architecture* de 1567)». La disposición de los puntos de fuga en la cocina del f. 176 es ciertamente caótica, pero esto parece deberse a un error del grabador, pues el resto de las perspectivas del *Premier Tome* son razonablemente correctas; además, se trata de un espacio de planta rectangular con un tratamiento de los muros laterales completamente diferente del testero englobado en un conjunto más amplio, por lo que no encaja en el concepto de «edificio de planta central». Por otra parte, las láminas de la capilla del castillo de Anet y otros edificios y espacios centralizados que corresponden a algunas ediciones de las obras de De L'Orme posteriores a su muerte desde la de 1628, no fueron incluidas en la edición príncipe del *Premier Tome* de 1567. V. también Erwin PANOFKY, «Die Perspektive als 'Symbolische Form'», en *Vorträge der Bibliothek Warburg 1924-25*, Berlín, Teubner, 1927 (Tr. española de Virginia Careaga, *La perspectiva como forma simbólica*, Barcelona, Tusquets, 1973, pp. 20-22, 37, 39) Werner MÜLLER, «Le dessin technique a l'époque gothique», *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, pp. 240-245; Sergio Luis SANABRIA, «A Late Gothic Drawing of San Juan de los Reyes in Toledo at the Prado Museum in Madrid», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1992, pp. 168-169; Enrique RABASA DÍAZ, «Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 423-

Figura 107. Hernán Ruiz. Libro de Arquitectura, f. 78.

Figura 108. Juan de Arfe y Villafañe, De varia conmesuración ... l. IV, f. 26.

Figura 109. Gaspar de Arce. Trazo para la Torre de las Campanas de la Catedral de Lugo.

tienen el mismo diámetro aparente, pero lo que no es tan lógico es que también las basas tengan el mismo ancho aparente, cuando el de la girada debe ser mayor que el de la recta en un factor igual a la raíz de dos.²⁹⁷ Estas imprecisiones parecen tener un origen medieval; como ha expuesto Sanabria, la práctica totalidad de los dibujos de bóvedas góticas cometen errores al representar los nervios dispuestos en planos oblicuos al del alzado, cuando no las representan directamente como un abatimiento sobre ese plano.²⁹⁸

Las *trazas* de Aranda combinan eficazmente planta y alzado, en algunos casos entrelazados de forma muy estrecha, como la proyección geometral de Monge.²⁹⁹ Es interesante comparar los entrecruzamientos de algunas trazas de Aranda con los de ciertas láminas palladianas [109];³⁰⁰ aun tratándose de materias muy distintas, una y otra sugieren una ligazón entre planta y alzado que se hará evidente con la obra de Monge. El primer testimonio que conocemos de la aplicación del sistema a la esterotomía es, una vez más, la *Architecture* de Philibert de L'Orme.³⁰¹ Pero hay varios indicios que nos hacen pensar que es de origen tardomedieval, ante todo los folletos de Roriczer y Schmuttermayer a los que nos referíamos más arriba; también podría buscarse un antecedente lejano en los entrecruzamientos de planta, alzado y sección de Villard de Honnecourt.³⁰² De manera que dos tradiciones muy distintas confluyen en los *Quattro libri* y en el sistema de representación de la cantería española y francesa del Renacimiento:³⁰³ la tradición medieval de los

431, y para estos problemas en la pintura española del siglo XVI, Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 209-212, 217.

²⁹⁷ Hernán RUIZ, *Libro de Arquitectura*, f. 78; Juan ARFE Y VILLAFANE, *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura*, l. IV, f. 26 v.; para Segovia, v. Antonio CASASECA CASASECA, «Trazas para la catedral de Segovia», *Archivo Español de Arte*, 1978, pp. 45-47; compárese con el *Cuaderno* de VILLARD DE HONNECOURT, f. 60 y 61. Para Lugo, v.

²⁹⁸ Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 79.

²⁹⁹ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, V.; Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, p. 288; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 15; Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 19.

³⁰⁰ P. ej. Andrea PALLADIO, *I quatri Libri d'Architettura*, Venecia, Domenico de Francesci, 1570, l. IV, f. 27, o el dibujo del Arco de Júpiter en Verona, reproducido en Lionello PUPPI, *Andrea Palladio*, p. 12.

³⁰¹ V. Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, p. 208.

³⁰² VILLARD DE HONNECOURT, *Cuaderno*, lám. 40 según la numeración de Omont, esquema con la leyenda «Par chu tail'om pendans riulés. Metes le bas el haut»; Roland BECHMANN, «Les dessins techniques du Carnet de Villard de Honnecourt», en *Carnet de Villard d'Honnecourt*, París, Stock, 1986 (Tr. española de Yago Barja de Quiroga, *Villard d'Honnecourt. Cuaderno*, Madrid, Akal, 1991, p. 53); *Villard de Honnecourt*, pp. 57, 202-204 de la ed. de 1993; debe tenerse en cuenta que los dibujos de cantería de Villard de Honnecourt, por su propia economía y esquematismo, se prestan a multitud de interpretaciones y que todavía no se puede dar por cerrado el análisis de ninguno de ellos.

³⁰³ Para un punto de vista diferente del que se expone aquí, v. Dionisio HERNÁNDEZ GIL, «Prólogo», en José Carlos Palacios, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 9.

trazados de cantería a escala, reavivada por el anhelo albertiano de precisión y **representación en verdadera magnitud.**³⁰⁴

Examinemos este sistema con más detalle. Como en la geometría descriptiva de Monge, se trata de trasladar la geometría tridimensional del modelo a planos horizontales y verticales mediante proyecciones ortogonales, practicando después abatimientos para llevar todas las proyecciones al plano de tierra.

Pero aquí terminan las similitudes. En Monge, el plano vertical de proyección es prácticamente único, el del alzado³⁰⁵ y el perfil tiene una existencia marginal; la recta intersección de este plano del alzado con el plano horizontal de proyección, la línea de tierra, es el eje sobre el que se abate el alzado sobre el plano de la planta y verdaderamente, el eje de todo el sistema.

En Aranda, por el contrario, aunque existe en muchas ocasiones un único alzado,³⁰⁶ es frecuente encontrar dos, producto de abatir las proyecciones de ambos lados del arco sobre rectas paralelas;³⁰⁷ en otros casos, se obtienen dos o tres alzados abatiendo sobre rectas convergentes³⁰⁸ o se introduce el perfil³⁰⁹. Aparecen las secciones por planos paralelos al alzado³¹⁰ o por planos convergentes.³¹¹ Pero lo más singular son unas imágenes esviadas obtenidas proyectando mediante rectas horizontales sobre planos verticales oblicuos a las rectas [111], que sirven para resolver problemas que de otro modo hubieran requerido construcciones muy complejas.³¹²

³⁰⁴ Precisamente en Herrera van claramente unidas proporciones armónicas y precisión. V. Catherine WILKINSON, «Proportion in practice: Juan de Herrera's design for the façade of the Basilica of the Escorial», *Art Bulletin*, 1985, p. 235.

³⁰⁵ V. Gaspard MONGE, *Géométrie Descriptive*, Paris, Baudouin, 1799 (Ed. facsimilar de la trad. esp. de 1803, Madrid. Colegio de Ingenieros de Caminos, 1996, pássim y esp. p. 10) Es cierto que en la geometría descriptiva se utiliza en ocasiones el **perfil** con objeto de ofrecer una representación más intuitiva del objeto representado, pero casi nunca es necesario usarlo para resolver problemas o para resolver la ambigüedad de la representación bidimensional, salvo un caso tan excepcional como el de la recta de perfil, y en cualquier caso este procedimiento no figura en la exposición mongiana original.

³⁰⁶ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 11, 14, 15, 18, 19, 20, 22, y otras muchas.

³⁰⁷ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 13, 33, 35, 42, 44, 66, 76, 78, 83, 91, 94, 96, 100, 102, 104, 107

³⁰⁸ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 7, 9, 10, 86, 88

³⁰⁹ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 49, 51, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 61, 62, 64, 65

³¹⁰ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 232 y 238 sólo con sección, pl 16, con alzado y una sección y 152, con alzado y dos secciones.

³¹¹ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 234 y 240, con tres secciones, pl. 156, 158, 160, con alzado y dos secciones.

³¹² Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 37, 45, 47.

Figura 110. Andrea Palladio, I quattro libri dell' Architettura, L. IV, f. 27.

Figura 111. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 37.

Este despliegue de alzados y secciones, que es común a De L'Orme y Vandelvira,³¹³ podría deberse en algunas ocasiones a un deseo de «no entoscar la traza», pero en otras parece responder a una obsesión por la verdadera magnitud comparable a la de Alberti, pero de orígenes muy distintos. Si el florentino quiere mostrar la dimensión real de los elementos constructivos para poner en evidencia sus proporciones armónicas, Aranda busca el mismo resultado por un motivo más prosaico, para obtener representaciones fieles de las caras de las dovelas y poder labrarlas con una precisión que, esa sí, es netamente renacentista. Todavía cabe un tercer uso del sistema: los planos de plazas andaluzas de la época barroca, con las fachadas abatidas, como el de la plaza de Bibarrambla de 1616 y el de la plaza de San Francisco de Sevilla, de especial interés para nosotros porque los pseudoabatimientos no perpendiculares a la charnela se acercan a la técnica empleada por Aranda para obtener las plantillas de intradós de algunos capialzados.³¹⁴

Así, en algunas ocasiones cada alzado representa lo que hay en su plano y sólo lo que hay en su plano.³¹⁵ En otras, el alzado incluye elementos proyectados de otros planos, pero siempre con cierta timidez.³¹⁶ Esta timidez desaparece por completo cuando se trata de proyecciones en planta, siempre únicas y recogiendo sin dificultades elementos de planos diversos, y también al aplicar el método de labra *por robos*, que se basa precisamente en proyecciones y donde no hay razón para buscar la proyección en verdadera magnitud de las caras de la dovela final, sino de su sólido envolvente.

Años más tarde, cuando estos problemas ya se han superado, Frézier analiza con ecuanimidad las ventajas y los inconvenientes de este modo de trabajar:

La confusión que se encuentra en los dibujos de los libros que tratan del corte de las piedras, viene con frecuencia de la multiplicidad de clases de representación que se unen en la misma *traza*; porque en ocasiones se une la planta al perfil, a veces al alzado, y se mezclan unos y otros sin divisiones [...]

A veces los objetos verticales están invertidos, como si cayeran en lugar de elevarse; a veces están puestos de lado, cuando deben ser verticales [...]

³¹³ V. p. ej., Philibert DE L'ORME, *Le premier Tome de l'Architecture*, f. 62 v., 70 v.; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 23 r., 23 v., 25 v. y 27 v., por limitarnos a la temática de Aranda; y Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 79.

³¹⁴ Antonio BONET CORREA, *Andalucía Barroca*, Barcelona, Polígrafa, 1978, p. 234; Rafael LÓPEZ GUZMÁN, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, Granada, Diputación, 1987, pp. 81-83.

³¹⁵ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 7, 16, 19, 20, 22, 25, 27, 29, 31, 33, 49, 51, 52, 54, 55, 56 y otras. V. Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, pp. 57-58.

³¹⁶ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 9, 10, 11, 13, 14, 18, 40, 42, 44, 46, 68, 69, 71, 76, 78, 80, 91, 92, 95, 96, 98, 99, 100 y otras.

La necesidad de unir varios objetos en una pequeña lámina hace esta confusión casi inevitable; por otra parte, es útil para indicar más sensiblemente las relaciones entre ellos. [...]

Aunque es más natural poner cada clase de dibujo por separado, es sin embargo cierto que esta simplicidad de objeto indica menos sensiblemente las relaciones de líneas, y que es más cómodo unir y en ocasiones entremezclar, las *Plantas, Perfiles y Alzados*.³¹⁷

El sistema no libera a Aranda de cometer en varias ocasiones el mismo error: tomar de un alzado la distancia entre dos puntos situados en planos diferentes como si estuvieran en verdadera magnitud, especialmente en el trazado de las *plantas por lecho*.³¹⁸ Sin embargo, en otras ocasiones, cuando necesita obtener la distancia entre dos vértices de una *planta por cara*, construye expresamente una *cimbria* o desarrollo del plano oblicuo sobre el que se hallan los dos puntos que utiliza para obtener la medida correcta. Lo mismo sucede en De L'Orme: en ocasiones toma correctamente estas distancias en verdadera magnitud, en otras emplea una proyección recta.³¹⁹

Este procedimiento aparentemente anárquico puede deberse a una voluntad de corregir algunas piezas para obtener lo que en tiempos de De La Rue y Frézier se llamaban arcos «par testes égales», es decir, de grosor de rosca constante a pesar de estar dispuestos en muros oblicuos o curvos. En cierto modo, el procedimiento es una inversión del sistema de representación medieval señalado por Sanabria en virtud del cual un círculo situado sobre un muro oblicuo no se transforma al ser representado en el plano del cuadro. En el método empleado por Aranda en el *Arco abocinado viaje por testa* y otras *trazas* similares, el proceso proyectual, inverso del representativo, tampoco implica deformación, y las juntas de testa iguales del arco regular del plano del cuadro no cambian de longitud al ser proyectadas sobre el muro oblicuo.

Es decir, Aranda dispone de un germen de sistema de representación que le permite obtener proyecciones y abatimientos, así como calcular longitudes en

³¹⁷ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, pp. 271-272: «La confusion que l'on trouve dans les desseins des Livres qui traitent de la coupe des Pierres, vient sovent de la multiplicité des especes de representations que l'on rassemble dans la même Epure; car souvent on y joint le plan au Profil, quelquefois encore à l'elevation, & l'on mêle les uns avec les autres sans divisions [...] Souvent les objets verticaux sont renversez, comme si au lieu de monter ils tomboient du haut en bas; quelquefois ils sont placez de côté, quoiqu'ils doivent être verticaux; [...] La nécessité de rassembler plusieurs objets dans une petite planche rend cet embarras presque inévitable; d'autant plus qu'il a son utilité pour indiquer plus sensiblement leur rapports [...] Quoiqu'il soit plus naturel de mettre chaque espece de dessein à part; il est cependant vrai que cette simplicité d'objet indique moins sensiblement les rapports des lignes, & que l'on trouve en cela moins de commodité qu'à rassembler, & même quelquefois à meler les *Plan, Profil & Elevation*».

³¹⁸ Cf. Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie* t. I, p. 288: «Pour connoître si l'on peut prendre des mesures sur une Projection, il faut examiner si l'Objet qui est projeté, étoit parallèle au Plan de description».

³¹⁹ Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, p. 211.

verdadera magnitud cuando le interesa, como en el caso de las *plantas por cara*; pero esto no le impide emplear métodos que resultan extraños a nuestra concepción del espacio cuando le resuelven un problema práctico, como tomar como si estuvieran en verdadera magnitud líneas que se proyectan sobre planos oblicuos, o practicar pseudoabatimientos de cuadriláteros alabeados que le dan plantillas que no representan en verdadera magnitud el cuadrilátero, pero al menos sí sus cuatro lados.

22

Euclides y la estereotomía

Sergio Sanabria habla de la época de Vandelvira y Aranda como la del nacimiento de la estereotomía euclidiana.³²⁰ Hay que decir ante todo que los tratados de arquitectura, fortificación y cantería del siglo XVI utilizan un subconjunto muy reducido de la geometría euclidiana. En primer lugar, es obvio decirlo, se descartan proposiciones y hasta libros enteros de los *Elementos* que simplemente no tienen relación con la materia. En segundo lugar, entre las que sí resultan relevantes, se utilizan sólo las que son fáciles de materializar a tamaño natural con los medios disponibles en la época.³²¹ En algunos casos se utilizan métodos euclidianos generalizados, particularizados o modificados de cualquier otra manera con tal de simplificar el trazado o ganar en precisión.³²² De L'Orme resalta que Euclides no ofrece ningún método para dividir un segmento en varias partes, pero él sí aporta una solución para este problema fundamental, que por otra parte se basa en el teorema de Tales.³²³

Vistas las cosas así, se puede decir que los autores de textos de la cantería del siglo XVI se acercan a la geometría euclidiana buscando revitalizar una tradición medieval que se percibe como insuficiente para resolver los problemas que plantea a la totemecnia el lenguaje arquitectónico del Renacimiento. Son relativamente pocas las soluciones a problemas concretos que Euclides puede ofrecer, aparte de algunas construcciones elementales de geometría plana, pues en general sus procedimientos son apropiados para la regla y el compás, pero no para los trazados

³²⁰ Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, pp. 197-198, 233; «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, p. 280.

³²¹ Además de las construcciones reseñadas en las secciones precedentes, se puede recordar que se cita a Euclides para una construcción tan simple como la obtención de estrías de las columnas; v. Diego de Sagredo, *Medidas del Romano*, y Fernando MARÍAS, y Agustín BUSTAMANTE, «Las 'Medidas' de Diego de Sagredo», p. 107.

³²² Acerca de la misma práctica en Mathes Roriczer, v. Lon R. SHELBY, «The geometrical knowledge of medieval master masons», *Speculum*, 1972, p. 416.

³²³ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 39.

a tamaño natural, y su geometría tridimensional está completamente apartada de las necesidades de los canteros del Renacimiento.³²⁴ Es significativo comprobar que Rojas incluye en la *Teórica* la proposición decimotercera del libro undécimo de los *Elementos*, que demuestra que dos planos con una perpendicular común son paralelos entre sí,

para que el Ingeniero sepa disponer los fundamentos de las fábricas, para que cargue la gravedad del peso de ellas perpendicularmente, que de no estar con esta proporción los edificios asentados, vienen a hacer las quebraduras y sentimientos, que se ven el día de hoy en muchas fábricas.³²⁵

La referencia es de gran importancia frente al desinterés de la España del siglo XVI por la geometría tridimensional de Euclides; recordemos que Ricardo Zamorano traduce los seis primeros libros de los *Elementos*, dedicados a la geometría plana, con olvido del libro undécimo.³²⁶ Pero también es revelador comprobar que Rojas no se plantea la posibilidad de usar el libro undécimo de Euclides para resolver los problemas del despiece de estas mismas fábricas.

Lo que sí se toma de Euclides es una notación, un método, un sistema. La notación tradicional de la geometría, por números, letras mayúsculas y minúsculas que ligán texto y dibujos, aparece en la cantería española con el manuscrito de Rodrigo Gil de Hontañón, de forma fragmentaria, pero no se puede descartar que se trate de una adición de Simón García, pues brilla por su ausencia en el manuscrito de Hernán Ruiz; a continuación aparece, algo más consistente, en el *Premier tome de l'Architecture* y en el *Libro de trazas de cortes de piedras*; finalmente, en los *Cerramientos* llega a ser sistemática hasta el punto de que las mismas letras denotan una y otra vez los mismos elementos en una y otra *traza*.³²⁷

³²⁴ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, Paris, Picard, 1982, p. 183; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 55; Enrique RABASA DÍAZ, «Arcos esviados y puentes oblicuos. El pretexto de la estereotomía en el siglo XIX», *OP*, 1996, p. 31; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996, p. 87.

³²⁵ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 14 v.

³²⁶ También traduce los seis primeros libros en 1610 Juan Cedillo Díaz, que había sido ayudante de Cristóbal de Rojas en Cádiz; v. Jose Ramón SORALUCE BLOND, «Ciencia y arquitectura en el ocaso del Renacimiento. Notas para la historia de la Real Academia de Matemáticas de Madrid», *Academia*, 1987, p. 78.

³²⁷ Es interesante comparar estas notaciones alfabéticas, embrionarias o completas, sistemáticas o no, con las marcas de cantero que se utilizan en el *Cuaderno* de VILLARD DE HONNECOURT, f. 62 y 63 para referir las plantillas al dibujo de conjunto. V. Lon R. SHELBY, «Medieval masons' templates», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1971, p. 145. Sobre la ausencia de sistema en la *Geometria Deutsch* de Roriczer, como opuesta a la clasificaciones escolásticas, y en la *Unterweisung* de Lorenz Lechler, v. Lon R. SHELBY, «Medieval masons' templates», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1971, p. 152, y «The geometrical knowledge of medieval master masons», *Speculum*, 1972, p. 411. En cualquier caso, el carácter sistemático de los *Cerramientos* y de los tratados de estereotomía posteriores, al menos hasta Frézier, debe entenderse en términos relativos y en sentido débil, pues a pesar del incipiente intento de fundamentar la

De L'Orme esboza un programa para dotar de coherencia a Vitruvio, reestructurándolo a la manera de Euclides; es decir, *more geometrico*, deductiva y axiomáticamente.³²⁸ Los efectos de este planteamiento en la teoría y la práctica de la estereotomía son radicales: hasta los tiempos de De L'Orme, la exactitud parece preocupar poco en la cantería; en la segunda mitad del siglo XVI se aspira a una precisión que supera con mucho la que exigen las necesidades prácticas.³²⁹

Otra cosa es que esta exactitud geométrica se alcance o no. Sanabria señala las inexactitudes de De L'Orme en las bóvedas esféricas y en las *decendas de cava*;³³⁰ confrontando su manuscrito con el de Aranda podemos añadir las que comete en los arcos abiertos en paramentos curvos,³³¹ errores en los que también cae Vandelvira; por otra parte, Sanabria también llama la atención sobre los errores de Vandelvira en la construcción de las *saltrarreglas* de las *pechinas*.³³² Son todavía más numerosos los errores que comete Aranda, como iremos viendo a lo largo de la segunda parte de este trabajo, pero la gran mayoría de ellos se vinculan al problema de las caras alabeadas o al de la igualdad de las juntas de testa al que nos referíamos antes.

A la hora de hacer balance, nos encontramos con una conclusión sorprendente: la práctica canteril, artesanal y empírica, ha aportado tanto o más a la ciencia geométrica que lo que ha recibido de ella. Si ha tomado algunas construcciones aisladas, o más bien ha depurado métodos propios con la ayuda de la geometría, si ha recibido un método y un anhelo no siempre satisfecho de exactitud, a cambio ha aportado las raíces de toda una rama de la geometría y parte de otra. La práctica mecánica medieval se transforma en la tomotecnia renacentista y barroca, que da lugar junto con la perspectiva a la geometría proyectiva de Desargues. Más adelante, la tomotecnia concreta se transmuta en estereotomía abstracta, y ésta en geometría descriptiva. Nociones como los abatimientos, las proyecciones ortogonales o la diferencia entre superficies regladas desarrollables y alabeadas eran comprendidas intuitivamente por los canteros muchos siglos antes de la formulación de la síntesis de Monge. Así, del humilde saber mecánico de los

disciplina con unas *Difinitiones* que parodian a los postulados y axiomas euclídeos, no nos encontramos ante un sistema deductivo. V. Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, pp. 11, 51.

³²⁸ Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», p. 281.

³²⁹ Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», pp. 274-276; Catherine WILKINSON, «Proportion in practice: Juan de Herrera's design for the façade of the Basilica of the Escorial», *Art Bulletin*, 1985, p. 235.

³³⁰ Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», pp. 279-280, 287-288; v. también Philippe POTIÉ, Philibert de l'Orme. *Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996, p. 88.

³³¹ V. p. 242 y ss.

³³² Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», p. 288.

canteros medievales se llega a una ciencia sin la que no hubieran sido posibles ni la revolución industrial ni el mundo moderno tal como lo conocemos.³³³

³³³ José Carlos PALACIOS, «La estereotomía de la esfera», *Arquitectura*, 1987, p. 55; Joël SAKAROVITCH, «The Teaching of Stereotomy in Engineering schools in France in the XVIIIth and XIX centuries: an Application of Geometry, an 'Applied Geometry', or a Construction Technique?», *Entre mécanique et architecture*, Basel - Boston - Berlin, Birkhäuser Verlag, 1995, pp. 202-218; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*; Jose María GENTIL BALDRICH, y Enrique RABASA DÍAZ, «Sobre la Geometría Descriptiva y su difusión en España», en Gaspard Monge, *Geometría Descriptiva*, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, 1996, pp. 61, 62-68; Enrique RABASA DÍAZ, «Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 431; *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 12.

Capítulo 5

INSTRUMENTOS Y MÉTODOS DE LABRA

1

La regla y la escuadra como instrumentos de labra

Philibert de L'Orme cita la regla y la escuadra entre los «instrumentos de los que se sirven los obreros», pero no se molesta en describirlos por considerarlos vulgares.¹ En España contamos con varios testimonios del uso de la regla y la escuadra para labrar. En el *Arco abocinado en torre cavada* Aranda aconseja labrar las dovelas *a regla y borneo* antes de *afondarlas*,² lo que parece indicar que la planeidad de las caras de las piezas se comprueba con la regla. Más explícito es en el *Arco capialzado en viaje por testa*³ donde nos dice *labra los bolsos por una parte y otra con la forma que tuvieren los bolsos de los arcos A C y de unas testas a otras las labrarás a regla plantando la regla de cuadrado que vengan a quedar por las caras engauchidos*. Es decir, después de labrar las testas se ha de materializar la superficie de intradós con ayuda de una regla que se mueve en un plano vertical perpendicular a las testas, apoyándose en sus aristas. El resultado de esta operación es una superficie reglada no desarrollable o *engauchida*, como reconoce inmediatamente Aranda. Los mismos comentarios se repiten en el *Arco capialzado viaje por cara*.⁴ Este uso de la regla puede estar relacionado con la solución gótica para resolver los cuadrantes de la bóveda ojival mediante una regla que apoya por un extremo en el arco ojivo y por otro en el formero o el perpiaño,⁵ pero perdura

¹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567, f. 54 v. Es de destacar que el capítulo IV del tercer libro, en el que contiene esta referencia, trata precisamente de los «instrumentos de los que se sirven los obreros», no los maestros ni los arquitectos, e incluye el baivel, la saltarregla, la regla-cercha, las plantillas, el nivel, los moldes, las cimbras, y el trazador, pero no el compás ni la cuerda, que ha citado en el libro II, pássim y sobre todo f. 33. Por tanto parece claro que la regla y la escuadra se emplean no sólo en el trazado sino en la labra. V. también Lon R. SHELBY, «Medieval mason's tools: compass and square», *Technology and culture*, 1965, p. 246; V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, París, Librairie du Compagnonnage, 1991, p. 3; AA. VV., *Guía práctica de la cantería*, p. 22.

² Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 105; v. también pl. 107: *las plantas por caras se han de plantar estando las caras a regla y borneo y después se cavarán las dovelas*.

³ V. p. 132 del Tomo II.

⁴ V. p. 135 del Tomo II.

⁵ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, París, Picard, 1982, p. 183.

hasta nuestros días; Frézier y Bails exponen con detalle la labra de superficies planas, cilíndricas, cónicas y alabeadas con ayuda de la regla [114].⁶

En la vidriera de la Historia de San Chéron de la catedral de Chartres aparecen dos escuadras junto a sendos bloques a medio cortar [113], por lo que hay que pensar en ellas ante todo como instrumento de labra;⁷ incluso en un primer momento aparece como emblema del director de obras, papel que luego comparte con el compás.⁸ El instrumento pervive hasta el Renacimiento, y mucho más tarde, pero sufre transformaciones importantes. Hasta el siglo XIV encontramos con frecuencia la escuadra de brazos divergentes, que Sené ha estudiado en profundidad;⁹ ya en el siglo XV, la escuadra que aparece al pie de los bloques a medio labrar es una de brazos paralelos con los extremos terminados en un corte oblicuo,¹⁰ la misma que encontramos en la Escalera Dorada de la catedral de Burgos.¹¹ Acerca de la escuadra, uno de los testimonios más claros es el de Fray Laurencio de San Nicolás, pues pone de manifiesto cómo se pueden materializar con su ayuda superficies diversas, ya que según el agustino recoleto, en el arco carpanel el trasdós y el intradós, «se labran a escuadra».¹² Del mismo modo se puede labrar cualquier superficie resultado de la proyección de una arista; es la escuadra la que da su nombre francés a la labra «par équarrissement»,¹³ equivalente a la española *por robos*, que según Aranda consta de una primera fase de *labra de cuadrado*¹⁴ y que en el siglo XVIII, olvidada la tradición renacentista española, Bails traduce por «escuadría».¹⁵

⁶ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, pp. 18-19, 21-22, 35-37; Benito BAILS, *Diccionario de Arquitectura Civil*, Madrid, Viuda de Ibarra, 1802, Tomo IX, parte 1, pp. 418-423.

⁷ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, París, 1953, p. 17 de la ed. de 1973. V. también V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 3 de la ed. de 1991 y p. 30 de este trabajo.

⁸ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 30-32, 104 de la ed. de 1973.

⁹ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 99 de la ed. de 1973; Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, París, Seuil, 1956, p. 36 de la ed. de 1980.

¹⁰ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 48, 107 de la ed. de 1973.

¹¹ Fernando MARÍAS, «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 249.

¹² Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, s. l. (Madrid), Imprenta de Juan Sanchez, 1639, f. 66 v.

¹³ V. p. ej. Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 120 v.

¹⁴ P. ej. Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 11.

¹⁵ Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, pp. 417, 428; v. Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Estudio crítico», en Benito BAILS, *De la arquitectura civil*, Murcia, Colegio de Aparejadores, 1983, pp. 92-94.

Figura 112. Vidriera de la Historia de San Silvestre. Catedral de Chartres, s. XIII.

*Figura 113. Vidriera de la Historia de
Saint Chéron. Catedral de Chartres.
Siglo XIII.*

*Figura 114. Amedée Louis Freziér, Traité de
Stéréotomie, t. II, pl. 28.*

La cercha

Un instrumento que ocupa un lugar esencial en los métodos de Philibert es la «cherche r'alongée» [115], la «regla - cercha» de Fray Laurencio de San Nicolás.¹⁶ Se trata de una regla uno de cuyos lados es curvo, empleada como plantilla para dar forma a uno de los lados de una pieza de cantería. En la España de los siglos XVI y XVIII se distingue entre reglas, contrarreglas y cerchas.¹⁷ Tanto en español como en francés, la voz designa al instrumento y al trazo que se ejecuta con él.¹⁸

Las cerchas y regla-cerchas se emplean preferentemente en la labra *por plantas* o con auxilio de plantillas, puesto que en la labra *por robos*, esto es, partiendo de las proyecciones horizontal y vertical de la pieza, las aristas curvas se crean «por una especie de azar» en palabras de Frézier; este fenómeno misterioso no es otro que la aparición de una curva en la intersección de dos superficies.¹⁹ En cualquier caso, tampoco se excluye su empleo en piezas resueltas *por robos* como el *Capialzado abocinado en vuelta con sus despiezos* y otras de su familia y el *Caracol en vuelta que dicen vía de San Gil*.²⁰

El lado curvo de la regla-cercha puede en principio ser una curva cualquiera, lo que da gran flexibilidad al procedimiento; se puede utilizar para obtener las *cimbrias* de las testas de los arcos, las aristas de la cara inferior de los peldaños, o las hélices de la «Vía de San Gil» y los *Capialzados* abocinados. Frézier y Bails exponen cómo la *cercha* es imprescindible en la labra de las superficies esféricas, elipsoidales, y toroidales, y muy útil en las cilíndricas.²¹

Philibert ofrece un procedimiento para su construcción sobre el que puede arrojar luz una lectura en paralelo con Vandelvira y Aranda.²² Se trata, como queda

¹⁶ V. p. 199.

¹⁷ Hernán RUIZ, *Libro de Arquitectura*, c. 1550, f. 29 v., 30 r.; Juan José MARTÍN GONZÁLEZ, «El panteón de San Lorenzo del Escorial», *Archivo Español de Arte*, 1959, p. 202; Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Rodrigo Gil y los entalladores de la fachada de la Universidad de Alcalá», *Archivo Español de Arte*, 1972, p. 106.

¹⁸ P. François DERAND, *L'Architecture des voutes ou l'art des traits et coupe des voutes*, París, Sébastien Cramoisy, f. 3; Jean-Baptiste de LA RUE, *Traité de la coupe des pierres où par méthode facile et abrégée l'on peut aisément se perfectionner en cette science*, París, Imprimerie Royale, 1728, p. 2: «Cherche ou cerce est le trait d'un arc surbaissé ou rampant, ou de quelqu'autre ligne courbe, tracée par des points cherchez; on donne aussi ce nom a la planche chantournée avec laquelle on la trace».

¹⁹ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, p. 13.

²⁰ V. p. 81 y ss., y 200 del Tomo III.

²¹ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, pp. 18-19; leyendo el pasaje literalmente, las superficies cónicas pertenecen a las mixtas, y como tales podrían materializarse con ayuda de la cercha; pero en la p. 21 aclara que sólo se pueden materializar con ayuda de la regla; Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, p. 425.

²² Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 55 y 55 v. y dibujo del f. 56 v; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 203-204, 231.

claro por el dibujo, de una regla con un lado recto y otro curvo, pero el comentario de Philibert no muy explícito: «Para encontrar entonces adecuadamente la regla - cercha de una circunferencia y darla bien a entender, no se puede encontrar o tomar de un solo golpe con el compás, ni de un solo centro, sino con varios centros y varias líneas, curvas y redondas».²³

Como hemos visto, en la *difinition quarta* de la primera parte de su manuscrito, Aranda *muestra extender arcos sobre una circunferencia*,²⁴ esto es, hallar la intersección de dos cilindros cuyos ejes se cortan en ángulo recto, construyendo el desarrollo del luneto sobre uno de los cilindros por puntos y *cogiendo todas las alturas de los dichos plomos con la circunferencia extendida que causare*; a la luz de la *difinition segunda* de la primera parte y del «Arco painel» de Vandelvira, hay que entender que el desarrollo del luneto se obtiene uniendo estos puntos de tres en tres con el compás; esto es lo que justifica la relación en el tratado de De L'Orme entre la «cherche r'alongée» y la regla de los «trois points perdus» que el maestro de Lyon expone a continuación.

Aranda emplea un procedimiento relacionado con éste para el desarrollo de hélices [116]; en primer lugar la hélice se asimila a su proyección sobre un plano que pasa por dos de sus puntos; este plano se abate sobre el horizontal y el abatimiento se asimila a un arco de círculo que se traza mediante tres puntos para obtener la *cercha* correspondiente. El error no es apreciable si se toma un tramo de hélice corto, como los dos peldaños de Aranda.²⁵

El método aplicado en los *Cerramientos* a lunetos y hélices se puede emplear en cualquier curva; si conocemos una serie de puntos próximos y los unimos mediante arcos de círculo, tendremos una aproximación a la curva lo bastante precisa para las necesidades prácticas. Sin duda, De L'Orme estaba pensando en un procedimiento similar, como sugieren las paralelas trazadas sobre una de sus «regla - cerchas»; esto es lo que justifica la relación en *Premier Tome de l'Architecture* entre la «cherche r'alongée» y los «trois points perdus».

En suma, la idea básica no consiste más que en obtener una serie de puntos de una curva plana, o incluso de una alabeada que se lleva al plano por abatimientos

²³ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 55: «Pour trouuer doncques promptement la cherche r'alongée d'une circonference, & la donner bien à entendre, elle ne se peult trouuer ou prendre tout d'un coup avec le compas, ny d'un seul centre, mais bien avec plusieurs centres & plusieurs lignes, courbes ou rondes, & faictes avec le dit compas, ainsi que vous le puuez voir par exemple en la figure cy apres descrite».

²⁴ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1580, f. 18 v.; Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 2 y 4, y pp. 156, 165 de este Tomo I y 27 del Tomo II de este trabajo.

²⁵ V. V. Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, Tesis doctoral, Universidad de Princeton, 1984, p. 231, y p. 166 de este trabajo, y pp. 181 y 188 del Tomo III.

Figura 115. Philibert de l'Orme, Le premier tome de l'Architecture, f. 56 v.

Figura 116. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 220.

Figura 117. Vidriera de la Historia de San Silvestre.
Catedral de Chartres, s. XIII.

Figura 118. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas
de cortes de Piedras, f. 4.

Figura 119. Benito Bails, Elementos
de Matemática, t. IX, p. 438.

sucesivos o por métodos aproximados, y unir los puntos tomándolos de tres en tres con el compás por medio de la regla de los «tres puntos perdidos»;²⁶ con un procedimiento tan simple como éste los maestros canteros del Renacimiento español y francés obtenían el desarrollo de cualquier curva plana o alabeada, con precisión suficiente para sus fines.

3

Baiveles y saltarreglas

De L'Orme representa en su tratado dos instrumentos típicamente canteriles, la «sauterelle» y el «buveau». La «sauterelle» es un transportador de ángulos que adopta la forma de una escuadra articulada por el vértice, que se utiliza «para tomar una medida sobre el trazado, o sobre la obra, para cortar una piedra por su extremo, o por otra parte, estando en la lonja, antes de asentarla» [120-122].²⁷ El «buveau» es un instrumento similar, con la particularidad de que uno o los dos lados son curvos, bien convexos, bien cóncavos [117-119] ; puede ser fijo o articulado,²⁸ aunque De L'Orme dedica más atención al articulado,²⁹ que Derand describe así:

El baivel comparte con la saltarregla la movilidad de sus brazos, pero difiere en que los brazos no son en línea recta; a veces los dos son redondos, otras veces por el contrario son curvos y cavados, en otras uno es redondo y el otro recto; a veces los dos son cavados y la mitad de uno es recta, como haga falta³⁰

²⁶ V. p. 153.

²⁷ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 55: «pour prendre vne mesure sur le traict, ou sur l'ouure, à faire couper vne pierre par le bout, ou autrement, estant sur le chantier, premier que de la mettre en oeuvre» ; v. también P. François DERAND, *L'Architecture des voutes ...*, f. 4: «La sauterelle, qui vient souuent en vsage en la pratique des traits, est comme une équire mobile qui s'ouure & se ferme a guise d'un compas, & forme entre ses branches tel angle que l'on veut, lesquelles pour cet effet douient estre d'une égale largeur partout»; Jean-Baptiste de LA RUE, *Traité de la coupe des pierres ...*, p. 2; V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 4 de la ed. de 1991; AA. VV., *Guía práctica de la cantería*, pp. 22, 23; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1990, pp. 17-18, denomina SALTARREGLA al instrumento articulado con uno o dos brazos curvos, que De L'Orme denomina BUVEAU.

²⁸ V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 51 de la ed. de 1991, se refiere únicamente al baivel fijo. En el francés de nuestros días el «biveau» o «beveau» es una *saltarregla* fija de brazos rectos, mientras que el baivel de Vandelvira, fijo pero con un brazo curvo recibe el nombre de «biveau-cerce».

²⁹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 44 v.- 45; Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, p. 2; Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, p. 266; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, 1990, pp. 16-17.

³⁰ P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 4: «Le buveau conuiert avec la sauterelle en la mobilité de ses branches, mais il differe d'elle en ce que ses branches ne sont point à droite ligne; mais quelquefois toutes les deux sont rondes & bombés, quelquefois au contraire, elles sont courbes et creuses au dedans,

Es innegable la utilización de «buveaus» o «baiveles», al menos fijos, y «sauterelles» o *saltrarreglas* en España. En los documentos del Escorial se habla en varias ocasiones de «baybeles»;³¹ Vandelvira representa al inicio de su manuscrito un «baivel» que es básicamente el «buveau» fijo de De L'Orme.³² En el *Libro* de Hernán Ruiz aparecen referencias tanto a «bayveles» como a *saltrarreglas*;³³ ahora bien, cuando se citan por su nombre es para emplearlos en tareas canteriles que no tienen relación directa con el problema del despiece, por ejemplo para obtener el ángulo que forma con la horizontal la arista de una pirámide; sólo en un caso, el capialzado del f. 47, parecen emplearse baiveles o saltarreglas para resolver el problema estereotómico, y decimos parece porque la *traza* no tiene leyenda, las inconfundibles envolventes de las dovelas dejan claro que se emplea también el método *por robos*, en principio opuesto a la labra «por baivel», y en general el «corte» es de interpretación muy difícil.

Como la mayoría de los útiles del cantero del Renacimiento, el baivel tiene antecedentes medievales. Aparece en la célebre panoplia de Chartres, con un lado recto y otro convexo; se utiliza por tanto para labrar paramentos cóncavos; pero se trata de un ejemplo excepcional y ha sembrado la confusión entre los medievalistas, hasta el punto de llegar a dudar sobre la existencia de la vidriera y el instrumento; como señala Sanabria, el autor de los esquemas de corte de piedra del *Cuaderno* de Villard de Honnecourt parece desconocer su empleo. Por el contrario, la *saltrarregla* no aparece entre las fuentes medievales; en la época de Villard de Honnecourt los ángulos se medían en gradientes y no en grados, y por tanto se transportaban tomando las medidas de los catetos de un triángulo rectángulo, quizá con la ayuda de la escuadra.³⁴

No conocemos referencias al baivel articulado en textos españoles del siglo XVI. Este instrumento debía ser de utilización muy restringida, y quizá figura en el

d'autrefois l'une est ronde & l'autre droite; ou bien toutes les deux estans creuses, la moitié de l'une se trouue droite aussi que l'on peut auoir affaire».

³¹ Catherine WILKINSON, «Building from drawings at the Escorial», *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 268; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, Madrid, Alpuerto, 1994, pp. 156, 227, 233.

³² Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 4 v.

³³ Hernán RUIZ, *Libro de Arquitectura*, f. 24 v., 25 v., 29 v.; v. Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, Madrid, Akal, p. 152.

³⁴ VILLARD DE HONNECOURT, *Cuaderno*, lám. 40 según la numeración de Omont; Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 30, 33 de la ed. de 1973; Lon R. SHELBY, «Medieval mason's tools: compass and square», *Technology and culture*, 1965, pp. 246-247; «Setting out the keystones of Pointed Arches: A note on medieval 'Baugeometrie'», *Technology and culture*, 1969, p. 539; «Medieval masons' templates», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1971, p. 145; José Carlos PALACIOS, «La estereotomía de la esfera», *Arquitectura*, 1987, p. 59; Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIIIe siècle et sa communication*, París, Picard, 1991 (2ª ed. revisada y aumentada 1993, pp. 180-182).

Figura 120. Philibert de l'Orme, Le premier tome de l'Architecture, f. 56 v.

Figura 121. Amedée - Louis Frézier, Traité de stéréotomie, t. II, pl. 28.

Figura 122. Cristóbal de Rojas, Teórica y práctica de fortificación, f. 95 v.

Figura 123. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 119.

tratado de De L'Orme como una curiosidad para hacer patentes los grandes conocimientos canteriles del autor. Hay que tener en cuenta que el baivel articulado sólo es útil en casos muy concretos. Cuando la curvatura y el ángulo que forman las juntas de lecho con la normal a la superficie de intradós son constantes, bastará con un solo «baivel» fijo. Si la curvatura y el ángulo varían simultáneamente, será necesario un «baivel», también fijo, para cada dovela;³⁵ sólo si la curvatura es constante y el ángulo va variando tiene sentido el baivel articulado. En Aranda existe un grupo minoritario pero significativo de *trazas* que cumplen estas condiciones.³⁶ También hay que tener en cuenta que el baivel articulado requiere construir una charnela, elemento difícil para el que habría que llamar a herreros a colaborar con los carpinteros que harían los brazos; y todo esto para desechar el instrumento una vez terminada la pieza. En general parecería más práctico construir un baivel fijo para cada dovela, salvo en las grandes obras reales, donde se disponía de una amplia nómina de carpinteros y herreros, y donde las series repetitivas de huecos aconsejaban la estandarización. No es de extrañar, por lo tanto, que aparezca en el tratado de Philibert, vinculado a las obras del Château de Madrid.³⁷

En Fray Laurencio de San Nicolás sí parece entreverse el «baivel» articulado, aunque existe cierta confusión con la «saltarregla»: las dovelas del arco escarzano «se labran en cuanto lechos o juntas, con una saltarregla» y por lo tanto «no es menester diferente cercha: quiero decir; ni más ni menos abierta».³⁸

Sergio Sanabria puso de manifiesto que al tratar de la mítica «Vis de San Gilles», cima de la estereotomía románica y renacentista, Philibert de L'Orme prefiere el empleo de «baiveles» y «saltarreglas» al de plantillas, y da por supuesto que se trata de un método posterior.³⁹ Geneviève Barbé-Coquelin de Lisle desarrolla un argumento similar pero extiende su alcance en varios sentidos: postula que la cantería de la segunda mitad del siglo XVI evoluciona desde el uso de plantillas al de baiveles, y que por tanto el baivel es un instrumento más

³⁵ Como en el caso del arco elíptico puro; v. Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, s. l. (Madrid), Imprenta de Juan Sanchez, 1639, f. 67 v.

³⁶ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl 11, 13, 15, 40, 42, 44, 45, 46, 47, 76, 81, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 102, 127, 169, 170, 184, 192, 210, 214, 217; en total, 29 de 132 *trazas*.

³⁷ Sobre baiveles y plantillas como instrumentos de racionalización del trabajo, v. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 16.

³⁸ Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, 1639, f. 64 v.

³⁹ Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 190-191.

sofisticado que la plantilla, fruto de un mayor progreso técnico.⁴⁰ El texto de De L'Orme podría a primera vista justificar estas afirmaciones:

Esto se hace de varias maneras: unos lo hacen por robos y otros por plantas; en cuanto a mí, no pido más que un baivel o saltarregla con una escuadra: de forma que después de haber trazado la regla - cercha, haré el cuarto de escalera suspendida [...] y no sólo las juntas y comisuras que no estén engauchidas⁴¹

Pero no hay que olvidar en ningún momento el tono teatral de algunos pasajes del *Premier Tome de l'Architecture*. Para Fray Laurencio, las reglas - cerchas, y por extensión los baiveles, son plantillas incompletas, y no hay gran diferencia en su uso con las verdaderas: «haz reglas cerchas, según **A Y N** para la parte de adentro, y otra regla cercha según **B O M** o plantillas enteras, que lo mismo es lo uno que lo otro, y con ellas se han de ajustar los paramentos por la parte de sus lechos y sobrelechos».⁴² Si la regla - cercha, con un lado útil, es lo mismo que la verdadera plantilla, con cuatro, habrá que convenir que el baivel fijo, con dos lados, también entra en la misma categoría. Así podemos entender mejor la afirmación de De L'Orme: alardeando de virtuosismo, dice ser capaz de labrar la «Vía de San Gil» tan solo con un baivel, impresionando así a canteros de formación media que tendrían dificultades para materializarla con plantillas verdaderas; esto no es incompatible con un uso mucho más serio en el Château de Madrid, donde la importancia de la fábrica hará aconsejable reducir gastos de carpintería sustituyendo las plantillas por baiveles.

⁴⁰ Geneviève BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, «Progresos de la cantería y nivel científico en España en la época de Juan de Herrera», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 131. El artículo donde se contienen estas afirmaciones es de gran interés, pues frente a la tesis generalmente aceptada del «saber común» de los canteros españoles y franceses del siglo XVI es de los pocos que plantea que a lo largo del período se dan **progresos** en la cantería y además se vinculan a obras como las de Juan Pérez de Moya. Pero en este punto se limita a citar indirectamente un pasaje de De L'Orme donde se describe el baivel, sin señalar que en el folio siguiente se hace lo propio con las plantillas, y que unos y otros figuran en la misma lámina del *Premier Tome* con una importancia comparable. Aparentemente trabaja con independencia de Sanabria, pues no lo cita.

⁴¹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 120 v.: «Lequel se faict en différentes sortes: car les vns le font par equarrissement, & les autres par panneaux. Quant à moy, ie ne voudrois sinon qu'un buveau ou sauterrelle avec une equierre: de sorte qu'après avoir tiré la cerche ralongée, ie ferois le quartier de vis rampant en toutes sortes, & ne seroit pas iusques aux joints et commissures, qui n'y fussent desgauchées» V. también f. 123, 124, citados por Sanabria.

⁴² Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, f. 63 v.. En términos parecidos se manifiesta en el f. 67 v.: «[en el arco de medio punto] haciendo la plantilla, o regla cercha D N A tienes lo necesario para labrar todo el arco». John FITCHEN, *The construction of Gothic Cathedrals. A study of medieval vault erection*, Oxford, Clarendon, 1961 (Ed. Chicago, University of Chicago, 1981, p. 113), llega a la misma conclusión en un contexto diferente, el de las pequeñas cimbras empleadas en la construcción de las bóvedas ojivales, que reciben el nombre de *cerce*: «it is probable that *the cerce was no more than an adjustable template*».

En todo el manuscrito de Aranda no encontramos una sola mención al baivel. Sí aparecen las *saltrarreglas*, pero en número menor que en Vandelvira. Además, en el maestro de Sabiote el baivel y la saltarregla aparecen vinculados en ocasiones a trazas obtenidas *por robos* pero con mayor frecuencia a las que se resuelven por el método que Palacios denomina «por baivel»⁴³ y que conceptualmente está próximo a las *plantas al justo* de Aranda. Por el contrario, en los *Cerramientos* las *saltrarreglas* se vinculan exclusivamente a «cortes» que encuentran su solución *por robos*.

La razón de esta disparidad está en los métodos de labra expuestos en uno y otro manuscrito y en sus diferentes estrategias didácticas. Un baivel o una saltarregla se definen geométricamente por dos de los cuatro lados de la cara de lecho o intradós de una dovela, mientras que las plantillas se definen por los cuatro lados. Así, la construcción del baivel o la saltarregla viene dada por los primeros pasos de la construcción de la *planta* y el que sabe construir una plantilla puede trazar un baivel o una saltarregla simplemente interrumpiendo el proceso a medio camino. Por esta razón Aranda expone casi siempre la construcción de las plantillas completas, mientras que Vandelvira por lo general expone la de las *saltrarreglas*, salvo cuando necesita labrar molduras; en tal caso sí utiliza plantillas que le dan la envolvente de la moldura deformada.⁴⁴

Otra cosa bien diferente son las *saltrarreglas* que emplea Aranda en algunas construcciones *por robos*. Aquí lo que se está intentando es resolver por escuadría un problema que sería imposible o muy difícil resolver por medio de plantillas, pero se emplea el transportador de ángulos para reducir el dispendio de trabajo y material y mejorar la precisión, sin que esto suponga abandonar el campo de las construcciones *por robos*.⁴⁵

4

Plantillas

La gran mayoría de las *trazas* de Aranda son *por plantas al justo*; lo que Aranda nos ofrece en ellas son las construcciones geométricas necesarias para obtener las *plantas por cara* y las *plantas por lecho*. Se trata, como queda claro en el manuscrito, de plantillas de las caras de intradós de las dovelas o peldaños, o de sus caras de lecho y sobrelecho, que se colocan sobre la cara ya tallada para marcar su perfil y facilitar así la labra en fino de las caras sucesivas de la pieza.

⁴³ José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 18-20.

⁴⁴ Precisamente las excepciones a esto demuestran que los métodos de trazado de *plantas* y de *saltrarreglas* y baiveles comparten la misma base geométrica y son intercambiables, de forma que el baivel y su método de trazado son una versión abreviada de la plantilla. V. p. 235 y ss.

⁴⁵ V. p. 226 y ss.

En las vidrieras de Chartres, como la conocida panoplia de la Historia de San Silvestre [124, 125], aparecen plantillas que representan la sección de los nervios góticos.⁴⁶ El papel esencial de este sencillo instrumento se pone de manifiesto muy pronto: cuando Guillermo de Sens emprende a finales del siglo XII la catedral de Canterbury, envía a Caen «moles» para obtener las piedras que quiere. Así, desde el primer momento, la plantilla permite independizar físicamente el trazado, la labra y la colocación de la pieza labrada.⁴⁷ También es imprescindible para asegurar la continuidad formal en obras de larga duración, como la catedral de Reims que dibuja Villard de Honnecourt junto a sus plantillas, que constituyen el medio más importante de control formal en la arquitectura gótica junto con los planos y las *monteas*.⁴⁸

En Philibert de L'Orme, además del «paneau de doyle par desoubz», y el «paneau de ioinct», que corresponden respectivamente a las *plantas por cara y por lecho* de Aranda, encontramos el «paneau de teste» y el «paneau de doyle par desus» [126,127].⁴⁹ El primero, la plantilla de testa, aparece en Vandelvira y Aranda, pero no por separado, sino formando parte de la *cimbria*; el segundo, la plantilla de trasdós, no figura en los textos españoles, que prestan en general poca atención a las «tardosas»; en realidad es un instrumento de escasa utilidad, pues al colocarse sobre una cara convexa, apenas sirve más que para comprobar la longitud de las aristas haciéndolo bailar sobre la cara.

En cambio en Aranda aparecen con mayor claridad que en ningún otro texto las plantillas para *labrar de cuadrado* y no *por plantas al justo*. Estas plantillas no se aplican directamente sobre lo que han de ser las caras de la pieza terminada, sino sobre las caras de un sólido capaz del que más adelante se han de quitar o *robar* unas cuñas para obtener la forma definitiva. Así, en algunas piezas muy complejas, la labra tiene varias fases: en primer lugar se desbasta un bloque paralelepípedo,

⁴⁶ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 17 y 30 de la ed. de 1973; v. Paul FRANKL, «The secret of the Medieval Mason», *Art Bulletin*, 1945, p. 50.

⁴⁷ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 24, 98 de la ed. de 1973; Lon R. SHELBY, «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», *Speculum*, 1964, p. 393; José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura en la Antigüedad y el Medievo*, Sevilla, Universidad de Sevilla, 1987, pp. 291-293; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 16-17; Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», en *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, Valencia, Conselleria de Cultura, 1997, pp. 14-59; Francesc Baldomar va y viene de Valencia a Sagunto cargado de plantillas.

⁴⁸ VILLARD DE HONNECOURT, *Cuaderno*, lám. 63 según la numeración de Omont; Alain ERLANDE-BRANDENBURG, «Villard d' Honnecourt, l'architecture et la sculpture», en *Carnet de Villard d'Honnecourt*, París, Stock, 1986 (Tr. española de Yago Barja de Quiroga, *Villard d'Honnecourt. Cuaderno*, Madrid, Akal, 1991, p. 24); Roland BECHMANN, «Les dessins techniques du Carnet de Villard de Honnecourt», *ibid.*, p. 50 de la trad. española.

⁴⁹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 55 v., 76 – 77; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, p. 203.

Figura 124. Vidriera de la Historia de San Silvestre.
Catedral de Chartres, s. XIII.

Figura 125. Vidriera de la Historia de Saint
Chéron. Catedral de Chartres, s. XIII.

Figura 126. Philibert de l'Orme, Le premier tome de
l'Architecture, f. 56 v.

Figura 127. Philibert de l'Orme, Le premier tome de l'Architecture, f. 77.

para lo cual no hacen falta plantillas; en una segunda fase se va obteniendo con ayuda de las *plantas* una envolvente más cercana a la forma de la pieza, pero que todavía no es la definitiva; y por último, se quitan algunas cuñas para obtener la dovela terminada.⁵⁰

En castellano, las plantillas asociadas a *trazas* de cantería, es decir a trazados geométricos complejos, reciben el nombre de *plantas*, mientras que otras, como las de las molduras de los órdenes, reciben el nombre de «moldes».⁵¹ En Francia encontramos la misma distinción entre «paneaux» ligados al «art du trait», la moderna estereotomía, y «moules», destinadas a trazar los «perfiles de cornisas, arquitrabes y otros tipos de molduras, como también las basas»;⁵² aunque pueda sorprender, este último término deriva de los «moles» de la época de Guillermo de Sens y Villard de Honnecourt.⁵³ Tanto «moules» como «paneaux» se emplean para cortar «toda clase de piedras y maderas que se puedan necesitar en la construcción de los edificios».⁵⁴ También existe la misma distinción en el catalán de nuestros días, aunque hace unos años ya estaba en retroceso.⁵⁵ En cambio, en la Valencia del siglo XV se utilizan «motles» para los «volsors», las pechinas y los «alambors» o taludes.⁵⁶

⁵⁰ V. p. 230 y ss.

⁵¹ Por ejemplo, Alonso de VANDELVIRA, en su «Viaje por testa» del *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 19 v., nos dice: «Las plantas son [las] de la mano izquierda y las saltarreglas las de la mano derecha» refiriéndose a las *plantas por cara* y a unas *plantas por lecho* embrionarias, que reciben el nombre de *saltarreglas*. Es decir, las plantillas que representan las caras de las dovelas deformadas por efecto del esviaje son «*plantas*» o «*saltarreglas*». Pero cuando se trata de labrar molduras en las testas del arco nos dice que «has de extender los *moldes* en las saltarreglas». V. además Diego de SAGREDO, *Medidas del Romano*; Catherine WILKINSON, «Building from drawings at the Escorial», *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 267; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 240, 242. La confusión entre unas y otras puede llevar a conclusiones erróneas. Así, Hernán Ruiz daba dibujos a tamaño natural en el remate de la Giralda, y en rigor se puede afirmar que utilizaba plantillas, como hace Morales. Pero sería un error deducir de ahí que el maestro cordobés hacía una utilización frecuente de *plantas*, que sólo aparecen una vez y muy tímidamente en su manuscrito. V. Hernán RUIZ, *Libro de Arquitectura*, f. 47, 47 v., 149, 149 v., 150, 151, y 151 v. y Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, pp. 28 y 152.

⁵² P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 4; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 207; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996, pp. 68-69.

⁵³ Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, p. 45, 52, 62 de la ed. de 1993.

⁵⁴ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 56 r., 57 r., 90 v.

⁵⁵ Fèlix MARTÍN, *Els picapedrers i la indústria de la pedra a la Floresta*, Barcelona, Fundació Salvador Vives Casajuana, 1981, pp. 209, 212. Lo mismo sucede en el francés: V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 101 de la ed. de 1991.

⁵⁶ Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, p. 99.

A veces se hace mención a «contramarcos», «contramoldes», o «contramotles» en Valencia,⁵⁷ que deben de ser plantillas negativas de las molduras,⁵⁸ y que tienen la ventaja de que una vez labrada la pieza se pueden pasar a lo largo de las molduras para comprobar la exactitud del acabado; el término «plantilla» parece surgir en el siglo XVII.

En la realización de las plantillas se emplean los materiales más diversos, pero predomina la madera.⁵⁹ En la Inglaterra medieval se emplea además lona, tela de lino y pergamino.⁶⁰ En 1421 con Brunelleschi y Ghiberti como *capomaestri* se emplean en Santa Maria del Fiore plantillas de madera.⁶¹ En la construcción de la basílica vicentina, Palladio emplea plantillas de estaño, de hierro, de papel y de madera.⁶² Según Philibert de L'Orme, las «moules» pueden ser «de cobre, de madera, de hierro blanco, de cartón», y no hay razón para suponer que no suceda

⁵⁷ Condiciones para la saca de piedra para el palacio de Carlos V en Granada, transcritas por Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1941 (2ª ed. 1983, Madrid, Xarait, pp. 210-211); Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, Madrid, Espasa Calpe, 1936, p. 42 (Ed. Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1997); John D. HOAG, *Rodrigo Gil de Hontañón. Gótico y Renacimiento en la arquitectura española*, Madrid, Xarait, 1985, p. 47. (Tr. de Pilar Navascués de una tesis doctoral presentada en la Universidad de Yale en 1958); Juan José MARTÍN GONZÁLEZ, «El panteón de San Lorenzo del Escorial», *Archivo Español de Arte*, 1959, p. 202; Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Rodrigo Gil y los entalladores de la fachada de la Universidad de Alcalá», *Archivo Español de Arte*, 1972, p. 106; Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, p. 78; Luis CERVERA VERA, *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, Valencia, Albatros, 1985, p. 94; Catherine WILKINSON, «Building from drawings at the Escorial», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 267; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 147, 155, 156, 239; Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, p. 99; «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», pp. 14-59.

⁵⁸ Juan José MARTÍN GONZÁLEZ, «El panteón de San Lorenzo del Escorial», *Archivo Español de Arte*, 1959, p. 202; Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 500; sobre el empleo de plantillas negativas y positivas en carpintería, v. Rafael LÓPEZ GUZMÁN, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, Granada, Diputación, 1987, p. 150.

⁵⁹ En la Francia de nuestros días se emplea madera y cinc, como puede verse en V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 51 de la ed. de 1991, que representa todas las plantillas no cuajadas como las de Philibert De L'Orme, sino hechas con listones, y explica su construcción y la necesidad de rigidizarlas mediante diagonales; este modo de actuar tiene mucho sentido práctico pero no hemos encontrado pruebas de su empleo en el siglo XVI. V. también AA. VV., *Guía práctica de la cantería*, p. 23, que cita únicamente el cinc.

⁶⁰ Lon R. SHELBY, «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», *Speculum*, 1964, p. 394; «Medieval masons' templates», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1971, pp. 142-43.

⁶¹ Marvin TRACHTENBERG, «Brunelleschi, Ghiberti, and «L'occhio» minore of Florence Cathedral», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1983, p. 249.

⁶² Howard BURNS, «Building and construction in Palladio's Vicenza», en *Les Chantiers de la Renaissance*, 1991, pp. 204 y 207. Cf. Lon R. SHELBY, «Medieval masons' templates», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1971, p. 140, sobre el uso moderno de plantillas de zinc.

lo mismo con los «panneaux».⁶³ Pero más adelante aclara que en realidad las plantillas de papel o cartón se hierven para hacerles perder su rigidez y después se pegan sobre una base de madera:

De todas formas quiero advertir a los lectores que nunca encuentro mis figuras talladas de una forma tan precisa como las he dibujado, porque los obreros tienen por costumbre mojar, y en ocasiones hervir un poco el cartón del dibujo antes de pegarlo sobre la plancha, para llevar a cabo la talla.⁶⁴

La amplia documentación del *Portal del Camí de Quart* valenciano confirma punto por punto que esta práctica ya era seguida en el siglo XV. Se compran pliegos de papel «engrutats» para trazar las plantillas, y una cazuela y «agua cuita» o cola, para pegar los «motles» de papel, es de suponer que sobre una base de madera.⁶⁵ Según Philibert, los «moules» se aplican sobre las piezas y se trazan las molduras con una «broche d'acier»,⁶⁶ es decir, un puntero o trazador, aunque la compra en las obras de la Torre de Cuarte de un tintero de barro hace pensar que se utilizaba la tinta para trazar las plantillas sobre el papel.⁶⁷ En Castilla encontramos materiales parecidos: aparecen la madera y la hoja de lata.⁶⁸ En El Escorial se discute si los «contramoldes» se han de hacer en el taller del aparejador de carpintería o en la casa mayor de la traza y si los aparejadores de cantería han de tener a su servicio un oficial de carpintería precisamente para hacer los «contramoldes», lo que da a entender que son de madera;⁶⁹ hay referencias aisladas

⁶³ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 56 r.; v. también Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, que añade el pergamino, y Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, p. 277, que añade el cuero.

⁶⁴ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 106 v. : «Toutesfois ie veux bien aduertir les lecteurs que ie ne troue mes figures si iustement taillées que ie les auois protraictes, pour autant que les tailleurs ont coustume de mouillier & faire un peu bouillir le papier de la protraicture, premier que de le coller sur la planche, pour la conduite de leur taille». V. Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 205-206.

⁶⁵ Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna», p. 99; en «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», pp. 14-59, parece dar a entender que las plantillas de papel se empleaban directamente, sin pegarlas a una base de madera; pero en tal caso el «engrutat» tendría el fin de darles rigidez, lo que a los efectos que nos interesan equivale a pegarlas sobre madera.

⁶⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 57.

⁶⁷ Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna», p. 99.

⁶⁸ Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Rodrigo Gil y los entalladores de la fachada de la Universidad de Alcalá», *Archivo Español de Arte*, 1972, p. 106; Fernando MARÍAS, «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 256.

⁶⁹ Luis CERVERA VERA, *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, p. 94; Catherine WILKINSON, «Building from drawings at the Escorial», *Les Chantiers de la Renaissance*, 1991, p. 267; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 369, 381. V. asimismo Fernando MARÍAS, «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», *ibid.* p. 256, nota 25.

a plantillas de hierro;⁷⁰ en cambio, los «modelos y patrones» de las rejas «se cortaron al tijera», lo que da a entender que son de papel o cartón.⁷¹

Estos detalles no son anecdóticos, pues indican que por lo general las plantillas son rígidas, lo que tiene consecuencias geométricas fundamentales; la plantilla de una cara no plana, tal como el intradós de una dovela, no ha de representar el **desarrollo** de la cara, sino su **proyección** sobre el plano definido por tres o cuatro de sus vértices. Es evidente que las plantillas de De L'Orme o de la torre de Cuarte, de papel pegado sobre madera, deben considerarse a estos efectos plantillas rígidas; Frézier explica así su empleo:

antes de ahondar una superficie curva, se debe en primer lugar situar sus vértices en su posición correcta [...] de estos vértices hay por lo menos tres que pueden situarse sobre una superficie plana, y ordinariamente cuatro [...] si estas dovelas se hacen para una bóveda cónica o cilíndrica, se puede colocar sobre la misma superficie plana los lados opuestos que son rectos [...] de manera que habiendo formado una superficie plana, lo que se llama [...] *preparar un paramento* [y marcado el contorno de la plantilla] no queda más que ahondar lo que es cóncavo⁷²

Ahora bien, cabe otra alternativa: preparar una figura que represente, no la proyección de la cara de intradós sobre un plano, sino su desarrollo, con objeto de aplicarla directamente a la cara de la dovela. A partir del siglo XVII y sobre todo del XVIII comienzan a aparecer estas plantillas flexibles. Bosse expone con claridad el problema:

Puesto que los lechos de las piezas de las bóvedas de la primera especie en general son planos, podéis trazar y cortar las plantillas de estos lechos planos en una cosa delgada y plana, como cartón, hoja de lata o algo parecido, y aplicando después estas plantillas planas a los lechos de las piedras, se ajustan y los tocan por todas partes al mismo tiempo sin necesidad de forzarlas en ningún punto.

Pero ya que los lechos de las piedras de las bóvedas de la segunda especie son en general curvos [...] no podéis trazar y cortar las plantillas de estos lechos curvos en una materia plana [...] si queréis hacer que toquen [a la piedra] es necesario que los curvéis y ya no serán plantillas planas.

⁷⁰ Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 369, 381. La primera referencia es a «todos los demas moldes y plantas y baybeles ansi de madera como de hierro», lo que podría hacer pensar que los instrumentos de hierro serían algunos de los «moldes» y «baybeles» que se harían en ese material para reducir su desgaste al pasarlos sobre un ángulo o perfil para comprobar la ejecución, como sucede con las escuadras; v. pg. 136 de este trabajo. Pero la otra referencia es clara: «un baybel de cada buelta y una planta de hierro o de madera u hoja de lata e un molde de cada genero».

⁷¹ Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 229-230.

⁷² Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, p. 310: «avant que de creuser une surface courbe, on en doit premierement situer les bornes dans leur juste distance; ces bornes sont les angles solides des voussoirs, desquels il y en a au moins trois qui peuvent être appliquez à une surface plane & ordinairement quatre [...] si ces voussoirs sont faits pour une voute conique ou cylindrique, on peut placer sur la même surface plane les cotéz opposez qui sont droitz; de sorte qu'ayant formé une surface plane, ce qu'on appelle en termes de l'art *dressé un parement*, [...] il ne reste qu'à creuser celle qui est concave [...]».

[...] y para rematar el trabajo con precisión será necesario proceder por medio de cerchas en la mayoría de los casos en lugar de las plantillas⁷³

y por la misma época Derand propone el empleo de plantillas flexibles:

Estas plantillas no son otra cosa que la forma y la figura de los lados de las dovelas, llevada sobre un material fino y delicado, el cual debe ser también flexible, cuando las plantillas deben aplicarse sobre la concavidad o la convexidad de dichas dovelas. Para eso pueden servir las láminas de plomo, o de cobre, cartón o hierro blanco⁷⁴

Joseph Gelabert dice que «las plantillas de la dovela [...] no las podemos hacer de madera, sino de cartón o de papel [...] o cualquier otra cosa que se pueda doblar».⁷⁵ La misma idea encontramos en García Berruguilla, referida a *caracoles*: «cortando esta plantilla en pergamino, cartón, u hoja de lata, cosa que sea flexible, se ajustará a la piedra bien, y tirarás sus líneas del primer vuelo, y saldrán todos los vivos que hubiere con exactitud».⁷⁶

Precisamente Aranda construye en varias ocasiones plantillas de caras *engauchidas*, es decir, que no tienen los cuatro vértices en el mismo plano, de tal forma que se representan en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara y una diagonal, lo que se puede relacionar con las plantillas de Gelabert; pero

⁷³ Abraham BOSSE, *La pratique du traict a preuues de M. Desargues pour la coupe des pierres en l'Architecture*, París, Abraham Bosse, 1643, pp. 30-31: «Puisque les lits des pieces des voutes de la PREMIERE espece en general sont tous plats, vous pouuez tracer & couper des panneaux de les lits plats en vne chose mince & plate, comme uis, carton, fer-blanc & semblables, & en apliquant puis apres ces panneaux ainsi tous plats aux lits de ces pierres, ils si ajusteront & les toucheront de tous parts en mesme temps, sans estre aucunement forcez ny contrayns en aucun endroit / Mais depuis que les lits des pierres des vouts de la DEUXIESME espece en general sont courbez de quelque sorte de courbure que se puisse estre, vous ne pouvez pas tracer & couper les panneaux de ces lits courbez en vne matiere plate [...] si vous les y volez faire toucher, il faut que vous les fassiez deuenir courbez aussi bien que ces lits & ce ne seront pas alors des panneaux plats / [...] & pour venir about aprochant de la precision, il faut proceder par le moyen des cherches en la pluspart au lieu des panneaux».

⁷⁴ P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 3: «Ces panneaux [...] ne sont autre chose que la forme & la figure des costez des vouloirs, transferée sur quelque matiere mince & deliée, la quel doit estre aussi flexible, quand les panneaux sont pour estre appliquez dans la concauité, ou sur la conuexité des dits vouloirs. A cela donc pourront servir les ais de petite épaisseur, les lames de plomb, ou de cuiure, le carton o le fer blanc, & c.» V. también Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. III, pp. 48, 50.

⁷⁵ Josep GELABERT, *De l'art de picapedrer*, p. 90: «axo son las plantas de la duella advertint que nos podem fer de post sino que an de ser de carto o de paper dobla o de qualsevol altra cosa sols que es pua doblegar»; Enrique RABASA DÍAZ, «Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, p. 429; *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, Memoria de oposición a la Cátedra de Geometría Descriptiva, Universidad Politécnica de Madrid, 1997, pp. 61, 65.

⁷⁶ Juan GARCÍA BERRUGUILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, Madrid, Francisco Mojados, 1747, p. 110.

examinaremos este punto con más detalle cuando analicemos las técnicas de labra de estas caras alabeadas.⁷⁷

La tradición medieval según la cual el maestro mayor ha de entregar las plantillas a los obreros⁷⁸ se perpetúa en los arquitectos del Renacimiento. La práctica se extiende hasta Venecia, donde el «proto» entrega las «sagome» a los que han de realizar materialmente la obra.⁷⁹ Siloé ha de dar «dibujados y trazados los moldes», lo que parece indicar que el arquitecto realiza un dibujo a tamaño natural, como los de Hernán Ruiz para el Cuerpo del Reloj de la Giralda,⁸⁰ y después los carpinteros hacen con esa base los moldes de madera. En obras como el Cabildo de la catedral sevillana, las plantillas pertenecen al arquitecto y pasan a su hijo al morir éste, lo que crea grandes dificultades para la marcha de las obras.⁸¹ En El Escorial, la mayoría de los contratos prevé la entrega a los destajeros de un ejemplar de las *cimbras*, *cerchas*, *plantas*, «baiveles», «moldes» y «contramoldes» precisos para la ejecución del destajo; si el contratista precisa más de uno, ha de hacer las copias a su costa.⁸² Así, plantillas, *cerchas*, «baiveles» y moldes desempeñan junto a los trazados a tamaño natural⁸³ un papel decisivo en un punto central de la construcción del Renacimiento: la transmisión de las órdenes desde el arquitecto diseñador hasta los ejecutores.⁸⁴

⁷⁷ V. p. 242 y ss.

⁷⁸ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 98 de la ed. de 1973; Spiro KOSTOF, «El arquitecto en la Edad Media, en Oriente y Occidente», p. 90 de la trad. española.

⁷⁹ Howard BURNS, «Building and construction in Palladio's Vicenza», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 202.

⁸⁰ Condiciones para la Sacra Capilla de El Salvador de Úbeda, transcritas en Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, p. 190 de la ed. de 1983; Fernando MARÍAS, *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*, Madrid, Sílex, 1992, p. 144; Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, p. 28; v. también p. 173 de este trabajo.

⁸¹ Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, pp. 47 y 152. Cf. Lon R. SHELBY, «Medieval masons' templates», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1971, p. 141: cuando se reanudan las obras en la capilla de St. Stephen, en Westminster, el arquitecto Thomas Canterbury, vuelve a la «trasura» tres semanas antes que los canteros de a pie, para preparar las «moldae» sin las cuales la obra no puede avanzar.

⁸² Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 147, 233, 238, 242, 244, 247, 360, 381; la práctica excepcional seguida en la bóveda del capítulo según la cual «se le han de dar el punto de la bobeda y lunetas traçado en el suelo y quel dicho oficial haga los plantones y cimbras a su costa» puede deberse a un deseo de ahorrar materiales del fraile lego y obrero mayor Fray Antonio de Villacastín, que firma un documento sin fecha correspondiente a 1570. V. también Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, p. 417.

⁸³ Luis CERVERA VERA, *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, Valencia, Albatros, 1985, pp. 30-31.

⁸⁴ Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme*, pp. 68-69.

El pico, el cincel y la escoda

El padre Sigüenza pone de relieve el importante gasto que supone en la obra del Escorial «el adobo de las herramientas, picos, escodas y sus astiles, cinceles y macetas, que se gastan a cada paso».⁸⁵ Tres instrumentos, el pico, el cincel usado conjuntamente con la maceta, y la escoda son los útiles cotidianos que permiten levantar la enorme fábrica.

Confrontando las imágenes medievales analizadas por Colombier, Gimpel y Vandekerchove con los dibujos del manuscrito *Los veinticuatro libros de los ingenios y las máquinas*, atribuido tradicionalmente al italiano Juanelo Turriano y recientemente al aragonés Juan Pedro de Lastanosa, vemos que los instrumentos renacentistas responden a los mismos principios básicos que los medievales, pero su forma evoluciona buscando una eficacia cada vez mayor.⁸⁶

Más contundente pero menos preciso que la escoda, el pico es el instrumento de desbastar y el que da nombre al escalón menos cualificado de los canteros, el de «piedrapiquero» [128-130]. Como pico en los dos extremos, sin mezclar con la escoda, aparece ya en el manuscrito de Herraude de Landsberg de 1181-1185.⁸⁷ Sin embargo, es más frecuente en la Edad Media encontrarlo combinado con la escoda, como instrumento con pico a un lado del mango y trinchante al otro; aparece así en las vidrieras de Chartres, como instrumento con filo y dientes por un lado y una especie de piqueta por el otro;⁸⁸ queda claro que se utiliza tanto un

⁸⁵ Fray José de SIGÜENZA, *Historia de la Orden de San Jerónimo*, libro III, discurso IX; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 103; Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 59. Sobre la pervivencia de estas herramientas en la Cataluña de nuestro siglo puede verse Fèlix MARTÍN, *Els picapedrers i la indústria de la pedra a la Floresta*, Barcelona, Fundació Salvador Vives Casajuana, 1981, pp. 105-121.

⁸⁶ Es interesante también comprobar en Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, p. 17 que la evolución también fue lenta hasta el siglo XVIII.

⁸⁷ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 31 de la ed. de 1973; Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, París, Seuil, 1956, p. 35 de la ed. de 1980. Otro pico de dos puntas encontramos en una miniatura del siglo XV que representa a Girart de Rousillon fundando quince abadías; v. Pierre du COLOMBIER, *ibid.*, p. 11.

⁸⁸ Vidriera de la Historia de San Silvestre, s. XIII; v. Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 30 de la ed. de 1973. Sólo mucho después se diferencia entre escoda con dientes o TRINCHANTE y sin ellos o TALLANTE; según Francisco Javier JIMENEZ ZORZO, et al., «El Estudio de los signos lapidarios y el Monasterio de Veruela: (Ensayo de una metodología de trabajo)», *Seminario de arte aragonés*, 1986, p. 116, se utilizan las dos en el Monasterio de Veruela; también en la Valencia del siglo XV se distingue entre «escoda» y «tallant»: v. Luisa TORTOSA ROBLEDO y M^a Carmen VEDREÑO ALBA, «La Capella del Rei Alfons el Magnànim al Monestir de Sant Domènech de València», en *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, p. 80. Encontramos este instrumento también en una vidriera del siglo XIII de la Sainte - Chapelle de Saint - Germer de Fly reproducida en Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales* p. 37, en la miniatura de finales del siglo XIII de la catedral de Módena donde aparece el discutido «Lanfrancus architector», en Pierre du COLOMBIER *ibid.*, p. 43; en las

extremo como otro, pues en una miniatura de Jean Fouquet encontramos un cantero utilizando este instrumento para labrar en fino un pilar con el extremo en piqueta.⁸⁹

Aporta un testimonio del empleo del pico en el Santiago del siglo XVII el contrato de aprendizaje de Domingo Rouco, por el que su padre se compromete a darle dos picos para que aprenda el oficio;⁹⁰ esto parece dar a entender que la primera fase de la enseñanza tradicional era el aprender a desbastar y que el manejo del cincel y la escoda se aprendía después. La labra «a picón» puede ser un paso previo a la labra en fino con la escoda o el acabado definitivo de fábricas menos exigentes o realizadas en piedras difíciles, como el granito escurialense. En los contratos de la obra del Escorial se distingue claramente entre las fábricas que habían de quedar simplemente labradas «a picón» y las que debían ser «bien escodadas, sin rosa ninguna».

Conocemos testimonios del empleo del cincel ya en el siglo XII; el monje Gervasio indica que los pilares antiguos de la catedral de Canterbury, anteriores a 1174, no se tallaron con cincel, lo que da a entender que lo habitual en el siglo XII era hacerlo empleando dicho instrumento. En estos momentos, el extremo del cincel aparece siempre junto a las aristas de la pieza, como en el manuscrito de Herrarde de Landsberg y en la vidriera de Saint Chéron de la catedral de Chartres [131, 132]; esto da a entender que se utiliza como en nuestros días, para labrar tiradas lineales en las aristas de la pieza a partir de las cuales se materializa después la cara plana con ayuda de una escoda o, modernamente, de una bujarda.⁹¹ Otro uso típico del cincel, ya cercano a lo escultórico, es el de dar forma a los nervios de los pilares y los arcos ogivos; como tal aparece en las Grandes Crónicas de Saint-Denis del siglo XIV y ha pervivido hasta nuestros días.⁹² En el siglo XV aparecen testimonios de un empleo diferente del cincel; en varias miniaturas se utiliza para dar forma plana a una cara; en estos casos, el extremo del cincel es ancho como en

grandes crónicas de Francia de 1379, reproducido por Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, p. 36 de la ed. de 1980; en una miniatura del siglo XV que representa la construcción de la catedral de Berna, incluida en Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 30; o en un dibujo a pluma de la construcción del monasterio de Schoenau del siglo XVI, *ibid.*, p. 48.

⁸⁹ Construcción del Templo de Jerusalén, finales del siglo XV; v. Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 23 de la ed. de 1973.

⁹⁰ Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia en el paso del Renacimiento al Barroco, 1600-1650 Santiago y su área de influencia*, Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela, 1995, p. 90.

⁹¹ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 17 y 31 de la ed. de 1973; Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, p. 35 de la ed. de 1980; Christian VANDEKERCHOVE, «L'iconographie médiévale de la construction», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, p. 76. V. también V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, pp. 5-6 de la ed. de 1991.

⁹² Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, pp. 37 y 52 de la ed. de 1980.

Figura 128. Manuscrito de Herrarde de Landsberg, s. XII.

Figura 129. Vidriera de la Historia de San Silvestre. Catedral de Chartres, s. XIII.

Figura 130. Pseudo Juanelo Turriano, Los veintitún libros de los ingenios y las máquinas, f. 252 v.

Figura 131. Manuscrito de
Herrarde de Landsberg. S. XII.

Figura 132. Vidriera de la
Historia de Saint Chéron.
Catedral de Chartres, s. XIII.

Figura 133. Vidriera de la Historia de Saint Chéron.
Catedral de Chartres, s. XIII.

Figura 134. Pseudo Juanelo Turriano, Los veintidós libros de los ingenios y las máquinas, f. 252 v.

el manuscrito de Herrarde de Landsberg y no agudo como en Chartres.⁹³ En el inventario de bienes realizado tres años después de la muerte de Martínez de Aranda aparecen un formón y dos cinceles, mientras brillan por su ausencia los picos y las escodas.⁹⁴

El instrumento más representativo del oficio de cantero hasta el siglo XVIII es la escoda o trinchante;⁹⁵ en España y en el siglo XVI aparece entre las manos de maestre Juan en Santa María de los Huertos de Sigüenza; Francisco del Castillo el viejo deja en su manda testamentaria a su pupilo Miguel Bedmar una escoda mediana, un compás, un martillo y una escuadra.⁹⁶ Para Sebastián de Covarrubias, «escotar vale cercenar y recoger una cosa, yéndola comiendo poco a poco, hasta ponerla en forma y talle, y esto hace la escoda con la piedra».⁹⁷ La escoda de dos caras aparece ya en la Biblia de San Pedro de Rodas o de Noailles, o en una biblia francesa de principios del siglo XII, en la que también encontramos una escoda de un brazo. Sin embargo, es más frecuente encontrar la combinación de pico y escoda a la que nos referimos más arriba, como en las vidrieras de Chartres [133], en las que aparece un instrumento con filo y dientes por un lado y una especie de piqueta por el otro,⁹⁸ que encontramos de nuevo en el manuscrito renacentista de

⁹³ Como una en la que Berthe, mujer de Girard de Rousillon, inspecciona las obras de la Madeleine de Vezelay; v. Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 55 de la ed. de 1973; o la que representa el arca de Noé y la construcción de dos ciudades de Jean de Courcy, *ibid.* p. 106; y la biblia de Raoul de Presles, *ibid.*, p. 107. Precisamente FRIEDRICH, cit. por COLOMBIER, *ibid.*, p. 31, afirma no haber encontrado antes de 1450 ninguna piedra tratada con el cincel de lama grande; Colombier opina que la fecha debe ser retrasada drásticamente, pero aporta como prueba la miniatura de Herrarde de Landsberg, en la que el extremo del cincel, ancho, aparece sobre una arista de la pieza. Por tanto, desde el siglo XII se utiliza el cincel, ya sea de extremo ancho o estrecho, para labrar las tiradas, esto es, las **aristas**, de la pieza, mientras que en el siglo XV disponemos de tres miniaturas y el testimonio de Friedrich para probar que se emplea para labrar la **cara** de las piezas, siempre con el cincel de lama ancha por una consideración elemental de eficacia. V. sobre este empleo del cincel en nuestro días AA. VV., *Guía práctica de la cantería*, pp. 45-47.

⁹⁴ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 282.

⁹⁵ V. Christian VANDEKERCHOVE, «L'iconographie medievale de la construction», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, p. 76. V. también V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, París, Librairie du Compagnonnage, p. 8, 92-93 de la ed. de 1991 y AA. VV., *Guía práctica de la cantería*, p. 30; hay que tener en cuenta que la ESCODA o TALLANTE del siglo XVI se denomina hoy «martillo trinchante» o «trinchante», mientras que la «escoda» que aparece en *ibid.*, p. 26 equivale al PICO A PUNTA DE DIAMANTE de nuestro Renacimiento.

⁹⁶ Manuel GÓMEZ-MORENO Y MARTÍNEZ, «Sobre el Renacimiento en Castilla. Notas para un discurso preliminar», *Archivo Español de Arte y Arqueología*, 1925, p. 23; Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura en el Renacimiento andaluz* p. 38.

⁹⁷ Sebastián de COVARRUBIAS, *Tesoro de la lengua castellana o española*, Madrid, 1611, f. 365 r.

⁹⁸ Auguste CHOISY, *Histoire de l'Architecture*, París, Gauthier-Villars, 1899, t. II, p. 261; Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 19; Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, pp. 34 y 43 de la ed. de 1980. La datación de la Biblia de Noailles es discutida: Colombier la adscribe al siglo XII y Gimpel retrasa la fecha a los siglos X y XI. Encontramos también escodas de dos caras en una lápida funeraria del siglo XIII procedente de la iglesia de Saint-Marcel de Saint Denis, hoy en el Museo de Cluny, reproducida en Pierre du COLOMBIER, *ibid.*, p. 102 y en el escudo del arquitecto Wolfgang Denk, en su epitafio de la

Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas [134]. Especial interés tiene su aparición en las Grandes Crónicas de Saint-Denis del siglo XIV, porque el dibujo, a pesar de su esquematismo, refleja con claridad cómo se utiliza para materializar una superficie plana.⁹⁹

Por lo tanto, parece claro que los tres instrumentos de labra esenciales de la cantería del Renacimiento, el pico, el cincel y la escoda, son de origen medieval, si bien su diseño parece haber sufrido un proceso de evolución y afinado continuo desde la Alta Edad Media al Renacimiento. Pero incluso en esto es necesaria una cierta dosis de prudencia. Sólo conocemos los instrumentos altomedievales por dibujos y miniaturas; no es fácil decir si la torpeza de los más antiguos corresponde al instrumento o a la imagen.¹⁰⁰

6

Los útiles de asiento y las estructuras provisionales

Como hemos dicho, Aranda trata el momento del trazado, raras veces el de la labra y nunca el del asiento. Pero convendrá hablar algo aquí de los útiles de asiento que tienen un sentido geométrico y de las estructuras provisionales que permiten la colocación de la piedra. Dejando aparte los aparatos de elevación, desde las modestas cunas y parihuelas medievales a las espectaculares grúas del Escorial,¹⁰¹ y los relacionados con la preparación, colocación y extracción del

iglesia de Steyr, *ibid.*, p. 105, y escodas de una cara en los mosaicos de la catedral de Monreale, *ibid.*, p. 57, en una Biblia historiada del siglo XIV reproducida en Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, p. 47, y en una escultura de Notre-Dame de París, *ibid.*, 53.

⁹⁹ Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, p. 38 de la ed. de 1980.

¹⁰⁰ V. John FITCHEN, *The construction of Gothic Cathedrals. A study of medieval vault erection*, p. 7 de la ed. de 1981.

¹⁰¹ V. Pseudo Juanelo TURRIANO, *Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas*, c. 1570, f. 383 r. -384 v.; Fray José de SIGÜENZA, *Historia de la orden de San Jerónimo*, libro III, discurso XI; Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 31, 33 de la ed. de 1973; Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, 1956, pp. 35, 44-45 de la ed. de 1980; Francisco ÍÑIGUEZ ALMECH, «Los ingenios de Juan de Herrera», *Revista de Archivos, Bibliotecas y Museos*, 1963, pp. 163-170; Luis CERVERA VERA, «Desarrollo y organización de las obras del Monasterio de San Lorenzo el Real del Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, pp. 54-56, 61-62; Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «La obra como espectáculo: el dibujo de Hatfield», en *Las casas reales. IV centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, 1986, pp. 55-67; John FITCHEN, *Building Construction Before Mechanization*, Cambridge, Mass., MIT, 1989, p. 92; Nicolás GARCÍA TAPIA, *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento Español*, Valladolid, Universidad, 1990, pp. 35-36, 172-181; «Juan de Herrera y la ingeniería», en *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunwerg, 1997; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 319; Luis ARCINIEGA GARCÍA, «La representación de la arquitectura en construcción en torno al siglo XVI», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 49-56; Amparo GRACIANI GARCÍA, «Aportaciones medievales a la maquinaria de construcción», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 219-221; José Luis Javier PÉREZ MARTÍN, Guillermo de

Figura 135. Manuscrito de Herra de Landsberg, s. XII.

Figura 136. Philibert de l'Orme, Le premier tome de l'Architecture, f. 56 v.

mortero,¹⁰² tenemos la regla, la omnipresente escuadra, la plomada y el nivel; sin ellos todas las construcciones geométricas serían inútiles.

Domingo Gundisalvo, en un raro intento de acercar la geometría práctica a los trabajos de la construcción, cita como instrumentos de los asentadores la cuerda, la paleta y la plomada. La escuadra aparece en manos de los asentadores en el manuscrito de Herraude de Landsberg y en los frescos de Saint-Savin-sur-Gartempe [135]. La plomada también la encontramos en el manuscrito de Herraude de Landsberg o en la biblia de Noailles.¹⁰³ Philibert de L'Orme emplea un instrumento de origen antiguo y que aparece en el *Cuaderno* de Villard de Honnecourt, la plomada unida a una regla, que le permite comprobar la verticalidad de un segmento de muro en su totalidad y no sólo de sus puntos extremos.¹⁰⁴

Aranda habla en varias ocasiones de trazar una línea *a nivel* o del *nivel* de un elemento del trazado. El nivel medieval y renacentista se basa en la plomada; el de los asentadores toma la forma de «arquipéndulo» esto es, un triángulo isósceles de cuyo vértice central pende una plomada. Si la plomada corta al brazo horizontal en su punto medio, los extremos están a nivel. En la panoplia de Chartes aparece como triángulo isósceles perfecto, es decir, los dos lados oblicuos no sobresalen de la base, lo que lo hace apropiado para comprobar la horizontalidad de los sillares [137, 138].¹⁰⁵ En otros casos tiene forma de «T» o de regla con un semicírculo alrededor de su punto medio, pero el efecto es el mismo: comprobar la horizontalidad de una línea y por extensión de un plano. Si comprobada la horizontalidad en dos direcciones el sillar no estaba perfectamente aplomado, se

Ignacio VICENS y María Aurora FLÓREZ DE LA COLINA, «Maquinaria y medios auxiliares para la construcción durante la Edad Media: análisis de la iconografía», *ibid.*, pp. 388-389.

¹⁰² Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 31 de la ed. de 1973.

¹⁰³ Domingo GUNDISALVO, *De divisione philosophiae*, cit. Lon R. SHELBY, «The geometrical knowledge of medieval master masons», *Speculum*, 1972, p. 402: «cementariorum [instrumenta sunt] linea, trulla, perpendiculum et multa alia»; Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 19, 32 de la ed. de 1973; Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, 1956, pp. 35, 38 y 43 de la ed. de 1980. También aparece en una lápida funeraria procedente de la iglesia de Saint-Marcel de Saint-Denis en una biblia historiada del siglo XIV, *ibid.* p. 47 y en el Tito Livio de la Cámara de los Diputados, según Christian VANDEKERCHOVE, «L'iconographie médiévale de la construction», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, p. 78. V. también Lon R. SHELBY, «Medieval mason's tools: compass and square», *Technology and culture*, 1965, p. 246 y V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, pp. 20, 37, 112 de la ed. de 1991.

¹⁰⁴ VILLARD DE HONNOCOURT, *Cuaderno*, lám. 45 de la numeración de Omont; Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 56 v. ; v. Lon R. SHELBY, «Medieval mason's tools: the level and the plumb rule», *Technology and culture*, 1961, pp. 128-130; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 202; Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, p. 61 de la ed. de 1993.

¹⁰⁵ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 30 de la ed. de 1973.

corregía la inclinación con cuñas de madera y se rellenaba la junta con mortero que se aplicaba con la «fija».

Más tarde encontramos que los dos brazos laterales se prolongan más allá de los vértices que los unen a la base, como en el relieve quattrocentista de Nanni di Banco que representa a los Cuatro Santos Coronados, los patronos de la cantería y otros oficios. Con este tipo de nivel, que recupera un modelo de la Antigüedad, lo que se comprueba no es la horizontalidad de una superficie, sino el desnivel entre dos puntos.¹⁰⁶ En cierto modo, este instrumento es una versión reducida del «nivel de tranco» por el que se interesaba Juan de Herrera, que desempeña junto con otros instrumentos de raíz vitruviana un papel importante en la topografía y la hidráulica de la época, en las que no podemos detenernos aquí [139, 140].¹⁰⁷

Vandelvira y Aranda obtienen con frecuencia el desarrollo de la testa del arco, lo que el primero llama *cimbria*, sin duda por asimilación a la cimbra como estructura provisional, «el arco de madera sobre el cual se forma la vuelta de la bóveda» de Covarrubias;¹⁰⁸ la encontramos ya en una miniatura del siglo XIV, pero quizá la descripción más plástica de estos auténticos bosques sea la del padre Sigüenza:

Había puesto mucho miedo el quitar las cimbras, andamios, grúas, y todo el enmaderamiento de la iglesia; mirado así a bulto, espantaba; parecía una cosa grande, intrincada, difícil, peligrosa; no se atrevía nadie a entrar en ello [...] El obrero Fray Antonio [...] lo hizo quitar con harta facilidad [...] Apareció luego, en quitando tanta multitud de vigas, maderos y tablas [...] un templo clarísimo, que alegró el alma con su grandeza, proporción y hermosura.¹⁰⁹

¹⁰⁶ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 131 de la ed. de 1973; Lon R. SHELBY, «Medieval mason's tools: the level and the plumb rule», pp. 127-128. Más que una ventaja del nivel medieval sobre el antiguo, como plantea este autor, hay que pensar en un empleo diferente, pues si el medieval es preferible para comprobar la horizontalidad de una hilada de cantería, el nivel de dos patas se emplea en topografía y otros usos. Es significativo que Philibert de L'ORME presenta uno y otro en *Le premier tome de l'Architecture*, f. 41 v. y 56 v. Por otra parte, Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, p. 61 de la ed. de 1993 dibuja un arquipéndulo con los dos brazos laterales prolongados y le atribuye origen medieval, sin citar fuente; hay que recordar que en el arquipéndulo de la Vidriera de San Silvestre no se prolongan los brazos.

¹⁰⁷ V. Nicolás GARCÍA TAPIA, *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento Español*, Valladolid, Universidad, 1990, pp. 167-172; Mariano ESTEBAN PIÑEIRO, y María ISABEL VICENTE MAROTO, «El nivel atribuido a Juan de Herrera y su fundamento geométrico», *Llull*, 1991, pp. 31-57; María Isabel VICENTE MAROTO, «Juan de Herrera, un hombre de ciencia», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, p. 85.

¹⁰⁸ Sebastián de COVARRUBIAS, *Tesoro de la lengua castellana o española*, voz CIMBRAR.

¹⁰⁹ Fray José de SIGÜENZA, *Historia de la Orden de San Jerónimo*, libro III, discurso XIII; Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 46 de la ed. de 1973; AA. VV., *Guía práctica de la cantería*, pp. 209-215.

Figura 137. Vidriera de la Historia de San Silvestre. Catedral de Chartres, s. XIII.

Figura 138. Philibert de l'Orme, Le premier tome de l'Architecture, f. 56 v.

Figura 139. Philibert de l'Orme, Le Premier Tome de l'Architecture, f. 41 v.

Figura 140. Cristóbal de Rojas, Teórica y práctica de fortificación, f. 83 v.

Labra por robos

José Carlos Palacios puso de manifiesto cómo en la cantería del Renacimiento Español existen dos métodos de labra claramente diferenciados, el basado en proyecciones y sólidos capaces que Vandelvira y Martínez de Aranda denominan *por robos* y otro procedimiento más directo que utiliza abatimientos y que no recibe nombre explícito en Vandelvira, que Martínez de Aranda llama *por plantas al justo* y Palacios «por baivel».¹¹⁰

Es en este terreno donde mejor se puede comprobar en qué medida progresa el arte de la cantería en el Renacimiento. La totalidad de las trazas de Hernán Ruiz caen en el campo del método de labra *por robos*, aunque una de ellas, el capialzado del folio 47 r., sea una traza híbrida que presenta elementos embrionarios del sistema de labra «por baivel». En cambio, en Vandelvira y Martínez de Aranda predominan las trazas por el método directo, y en alguna ocasión en que Vandelvira presenta una traza *por robos* se apresura a indicar que su intención es didáctica y que la traza se puede resolver también *por plantas*.¹¹¹ Por tanto, puede percibirse una evolución desde el método *por robos* predominante en España hacia 1550 al procedimiento *por plantas al justo* que impera a final de siglo.

Pero el cuadro no es tan simple. En algunas trazas Alonso de Vandelvira construye por completo las *plantas*, mientras que en otras se contenta con unas esquemáticas *saltarreglas*;¹¹² más arriba hemos indicado la existencia de una traza híbrida en Hernán Ruiz; es en Ginés Martínez de Aranda donde encontramos más trazas a mitad de camino entre ambos procedimientos, *por robos* y *por plantas*. Sin poner en duda que los procedimientos de labra *por robos* y *por plantas* son los dos grandes polos de la cantería de nuestro Renacimiento, puede decirse que son numerosas las variantes intermedias entre uno y otro polo, como vamos a ver en los apartados que siguen, ordenados según una clasificación que no tiene más finalidad que exponer la cuestión con claridad.¹¹³

¹¹⁰ José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 18-20. V. también V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 79 de la ed. de 1991.

¹¹¹ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 24 v. según la numeración original, presentada por Barbé entre paréntesis redondos.

¹¹² Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*; compárese por ejemplo las trazas de los folios 19 v., 20 v., 21 r. y 22 v., con *plantas* de lecho completas, con los 26 v. y 27 v., donde en lugar de estas sólo se trazan *saltarreglas*.

¹¹³ Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 61; «Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, p. 429. V. también p. 230 y ss de este trabajo.

El procedimiento *por robos* consiste básicamente en inscribir idealmente la pieza a labrar en un sólido capaz con forma de prisma rectangular de base horizontal, obtener las proyecciones ortogonales de las caras de la pieza sobre la cara correspondiente del sólido capaz, desbastar un bloque de piedra con la forma del sólido capaz e ir quitando cuñas del bloque con ayuda de las proyecciones hasta obtener la forma de la pieza.

La fase de trazado es en general sencilla; basta con trazar dos proyecciones del arco, su planta y una proyección sobre un plano vertical que en muchos casos será el de una testa; después se suele trazar el rectángulo envolvente de cada proyección, que nos dará las dimensiones del bloque a desbastar y del que partiremos para tallar la dovela. En ocasiones se toman las medidas directamente del trazado, pero cuando este procedimiento es engorroso o poco fiable, no está excluida la utilización ocasional de plantillas.¹¹⁴

En cambio la fase de labra es a veces muy laboriosa, porque el volumen del sólido capaz puede superar varias veces el de la dovela, y en ocasiones ninguna de las seis caras de la dovela coincide con las caras del sólido capaz, con lo cual cada una de las caras se labra dos veces: una primera vez al desbastarla, y una segunda al acometer la labra definitiva.¹¹⁵

El manuscrito de Aranda nos ofrece en la *difinition primera* de la segunda parte¹¹⁶ una descripción de este procedimiento y un dibujo bien claro [141]. Se trata de *entrar bolsos en cuadrado y robarlos [...] por cuadrado* y Aranda nos dice:

Supongo que la figura A es el bolsor que quieres entrar en cuadrado y el dicho cuadrado son los cuatro ángulos a b c d con el cual dicho cuadrado cogerás los extremos del dicho bolsor y robándolo por el lecho alto con el robo a y por el tardos con el robo b y por la cara con el robo c y por el lecho bajo con el robo d y pasando los dichos robos de una testa a otra quedará formado el dicho bolsor como parece en la figura B

Veamos la aplicación práctica del procedimiento. En el manuscrito de Hernán Ruiz sólo aparece una *traza* [142] que aborda la resolución de un problema de

¹¹⁴ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie* t. II, pp. 12-13, 108-109; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture à la française*, París, Picard, 1982, p. 90; José Carlos PALACIOS, «La estereotomía en el Renacimiento. El Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, p. 102.

¹¹⁵ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture à la française*, p. 90; Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, p. 276. V. también Carlos GORDO MURILLO, *Bóvedas oblicuas en cantería*, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1997, pp. 16-17.

¹¹⁶ V. p. 9 del Tomo III.

Figura 141. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 112.

Labra de una dovela por robos

Figura 142. *Hernán Ruiz*, Libro de Arquitectura, f. 47 v.

Labra de una dovela del Arco viaje contra cuadrado por lado de Hernán Ruiz

estereotomía de arcos¹¹⁷ equivalente al *Arco viaje contra cuadrado por testa* de Ginés Martínez de Aranda,¹¹⁸ con la diferencia de que Ruiz aborda su solución *por robos* y Aranda lo hace exclusivamente *por plantas al justo*. Se trata de la primera dificultad que se puede encontrar un cantero, el arco de medio punto con una de las testas perpendicular a las jambas y otra oblicua.

Esquemáticamente, la fase de trazado consiste en construir la planta, las dos testas, recta y oblicua, y los rectángulos envolventes de cada dovela, tanto en la planta, **E**, como en la proyección vertical, **Φ**. Si el trazado es sencillo, la labra es laboriosa. En primer lugar, habrá que desbastar un bloque, tomando su base de la envolvente **E** y su altura de la envolvente **Φ**. Hecho esto, iremos quitando o *robando* sucesivas cuñas hasta obtener la forma definitiva de la dovela. En primer lugar, daremos forma oblicua a la testa *en viaje* quitando la cuña χ ; la operación no presenta dificultades al ser la testa un plano vertical y por tanto ortogonal a la base del bloque. Podemos marcar dos tiradas en las caras superior e inferior del bloque tomando sus medidas de la planta y unir las por otras dos tiradas en las caras laterales. Definidas estas cuatro tiradas sólo queda quitar material paulatinamente hasta obtener una superficie plana entre las cuatro.

A continuación hay que dar forma a las caras de lecho. Para obtener la superior, o cara de lecho propiamente dicha, marcaremos en la testa recta una tirada η tomando sus medidas de la proyección vertical **Φ**. Hecho esto marcaremos otras dos tiradas sobre la cara superior y una cara lateral del bloque, con ayuda de la escuadra, y una cuarta tirada que una las intersecciones de estas dos con la testa oblicua; y a continuación iremos *robando* material hasta materializar una cara de lecho plana. Del mismo modo obtendremos otra cara de lecho, llamada comúnmente de sobrelecho, pues está sobre el lecho de la dovela inferior. Para ello basta trazar una tirada **ι** de la envolvente **Φ**, llevándola a la testa oblicua y *robando* material entre las cuatro tiradas.

¹¹⁷ Hernán RUIZ, *Libro de arquitectura*, f. 47 v. Puede discutirse si lo que pretende Hernán Ruiz es resolver el corte de este arco o el problema de la proyección de un arco de medio punto sobre un plano vertical oblicuo. La figura es muy similar a la *Difinition tercera* de la primera parte del manuscrito de Ginés Martínez de Aranda, pl. 3, que pretende resolver el problema de la proyección del arco. En Martínez de Aranda el arco original y el plano oblicuo se encuentran en ángulo, mientras que en Hernán Ruiz queda entre los dos una mínima jamba, a todas luces insuficiente desde el punto de vista constructivo. Pero por otra parte en Hernán Ruiz aparecen las envolventes típicas del procedimiento *por robos*, que no existen en la *Difinition* de Aranda. En mi opinión, lo más probable es que Hernán Ruiz trazara la figura con intención de mostrar el problema de la proyección del arco, pero que una vez trazada se dio cuenta de que también servía para exponer el arco *por robos*.

¹¹⁸ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 6.

Más complejo es obtener la cara de intradós, puesto que al tratarse de un cilindro, su intersección con la testa recta no es un segmento sino un arco de circunferencia. En el *Arco abocinado en torre cavada* de Martínez de Aranda aparece un comentario interesante:

*dichas plantas por caras se han de plantar teniendo labradas las caras de las piezas a regla y borneo y después se han de afondar las dovelas en las dichas caras con las circunferencias de los arcos plantando cada una por la testa que le conviniere.*¹¹⁹

Es decir, que en primer lugar se obtendría una tirada que representa a la cuerda del arco κ , sobre las caras de testa de las dovelas; esta tirada se llevaría a la otra testa y se procedería como antes, quitando material hasta darle forma plana a la cara de intradós. En una segunda fase, quizá ya con la dovela puesta en obra, se puede *afondar las dovelas con las circunferencias de los arcos*, es decir, marcar la curva del arco en los planos de testa, quizá con ayuda de una *cercha* e ir quitando material para ir dando forma a la en la cara de intradós o «mocheta», ya sea cilíndrica como en este caso o pseudocónica como en el *Arco abocinado en torre cavada* de Aranda. Tanto el cilindro como el cono son superficies regladas, y no debía de ofrecer dificultades el comprobar con una regla la precisión del resultado apoyándose en los dos arcos que se habían marcado en las testas.¹²⁰

Todavía más difícil es labrar la cara de trasdós de la dovela, pues al ser una superficie convexa, no podemos materializar primero un plano y después seguir hasta obtener el cilindro, sino que hemos de obtener el cilindro directamente. Pero en general la cantería española del Renacimiento presta poca o ninguna atención a los trasdoses por tratarse de superficies que quedan ocultas en la fábrica.¹²¹

Veamos cómo aborda Alonso de Vandelvira la solución *por robos* de una traza algo más compleja.¹²² Se trata de un arco abierto en un muro curvo, de forma que los dos paramentos del muro son cilíndricos, uno *redondo* o convexo y otro *cavado* o cóncavo [143]. Parece un problema difícil por ser ambos paramentos curvos, pero en realidad se trata de un *corte* sin grandes complicaciones, pues la superficie de intradós es cilíndrica.

¹¹⁹ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 105.

¹²⁰ V. Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, pp. 420-23 y fig. 230 y 231.

¹²¹ Este es un rasgo que diferencia a la cantería española de la francesa. Philibert emplea plantillas de trasdós; P. François Derand, *L'Architecture des voutes*, f. 3, nos dice que «les vouloirs [...] sont pour l'ordinaire taillez & coupez sur leurs six costez, ou au moins sur cinq». El desinterés hispánico por los trasdoses se arrastra hasta la época de la Ilustración y alcanza incluso a una obra tan dependiente de Francia como es Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, p. 429. V. Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Estudio crítico», en Benito Bails, *De la arquitectura civil*, pp. 67, 73, 90, 91-95, 119. También se refiere a esto José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 27.

¹²² Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 24 v según la numeración original del manuscrito Sombigo, ofrecida por Barbé entre paréntesis.

Figura 143. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedra, f. 24 v.

Labra de una dovela del Arco torre cavado y redondo por robos según Alonso de Vandelvira

Hay que decir en primer lugar que Vandelvira casi se disculpa por abordar una traza relativamente sencilla de esta manera: «Porque dije de enseñar el arco torre cavado y redondo por robos y porque también sea lumbré para entender otras trazas que no se pueden hacer si no es por robos». Aunque este problema se puede resolver por el procedimiento directo como ha hecho Vandelvira dos folios antes o como hace Martínez de Aranda,¹²³ se incluye esta *traza* con una finalidad didáctica, para facilitar la comprensión de *trazas* más complejas, como el *Arco en rincón de caustria* que tanto Vandelvira como Aranda resuelven sólo *por robos*.

El procedimiento sigue a grandes rasgos los pasos del arco que hemos estudiado antes. Se traza en primer lugar la planta del muro, y a continuación un arco de medio punto que representa la sección del arco por un plano perpendicular a su eje. Evidentemente, ninguna de las testas será un arco de medio punto, pues la intersección del cilindro de uno u otro paramento con el cilindro de intradós será una curva de cuarto grado alabeada. Una vez hecho esto se trazan las envolventes en planta y alzado tales como **O O O O** y **O O B B**, o en palabras de Vandelvira: «pondrás las piezas en cuadrados desde las tardosas a las mochetas así en el arco como en el grueso de la pared del torre cavado».

Tiene gran interés la descripción que hace Vandelvira del procedimiento de labra:

harás una piedra tan larga como las señaladas con las **oo** y tan alta como se señala desde las **oo** de la línea plana a las **B B** y luego de su largo quítale lo torre cavado y redondo por entrambos cabos y de su alto quítale el triángulo **C** y queda hecha la tirantez y de su ancho quítale lo que aploma que es lo que hay de la **o** al nacimiento del arco y quedara hecha la primera piedra. a la segunda le quitaras el triángulo **D** y el triángulo **E** y lo que aploma que es desde la **f** a la **G** y de lo largo su torre cavado y redondo señalado con las letras **L L** lo cual se ha de robar primero que nada y luego labrar la dovela con la cercha del arco echándola por cuadrado y luego quítale los triángulos y así trazarás los demás.

Es decir, se ha de desbastar en primer lugar un bloque paralelepípedo de longitud y profundidad definidas por **o o o o** y altura igual a **o B**. A continuación se ha de marcar sobre la cara superior la proyección horizontal de los dos paramentos, cóncavo y convexo y quitar el material que cae fuera de su proyección vertical, materializando así las dos testas de la dovela. Después se ha de retirar el material incluido entre el intradós del arco y la cara del sólido capaz con ayuda de una plantilla negativa, la *cercha* o el *baivel*, que se ha de llevar paralelamente a la testa del sólido capaz, hacer lo propio con el trasdós, y por último eliminar el triángulo **C** para dar forma a la cara de lecho.

¹²³ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 29.

En principio el orden de las operaciones no parece el más racional, pero Vandelvira está convencido: «lo que aploma que es desde la *f* a la *G* y de lo largo su torre cavado y redondo señalado con las letras *L L* lo cual se ha de robar primero que nada». Materializar las testas en primer lugar no es mala idea en el arco de Hernán Ruíz que acabamos de estudiar y en otros *cortes* que iremos viendo, pues sobre la testa recta podremos trazar fácilmente las tiradas que después nos permiten dar forma a las caras de intradós, trasdós y lecho. Pero aquí las dos testas son curvas, y será difícil transportar la testa sobre una superficie curva. Vandelvira está aplicando una solución que funciona bien en casi cualquier otro arco sin reparar en los problemas con que se va a encontrar, y que sólo va a resolver con dificultad poniendo en juego toda una panoplia de *cerchas* y plantillas.¹²⁴

En el *Arco en rincón de caustria* se plantea Martínez de Aranda¹²⁵ resolver el problema del arco cuyo intradós viene dado por dos cilindros que se cortan en ángulo recto, formando ángulos de cuarenta y cinco grados con el plano que contiene la directriz del arco. Para ello Aranda comienza construyendo la sección recta *A* de uno de los cilindros, y la sección por el plano de encuentro de las bóvedas, que es el plano bisector de sus ejes, y al mismo tiempo el plano que contiene la directriz del arco. Obtenido este arco *B*, Aranda se dispone a abordar la labra *por robos* de estas dovelas. Como sucede en otras ocasiones, es notable la habilidad de Aranda para simplificar el trazado aprovechando las ventajas de un sistema de representación que entremezcla planta y alzado. Obtiene en primer lugar la proyección en planta de las dovelas bajando verticales desde *A*; por cada dovela bajará las cuatro verticales correspondientes a las cuatro aristas transversales. Como la figura es simétrica respecto al plano de encuentro de las bóvedas, que forma un ángulo de cuarenta y cinco grados con estas líneas, al otro lado tendrá líneas simétricas que serán ortogonales a las anteriores: «los plomos que bajaren de los dichos cuadrados los pasarás por la planta en ángulo recto con que quedarán sacadas las plantas por caras para plantarlas de cuadrado». El segundo paso será obtener las proyecciones verticales de los bloques en que se han de tallar las dovelas; concretamente las proyecciones sobre un plano paralelo al de encuentro de bóvedas; esto es bien sencillo, pues no hay más que acudir al arco *B* y construir el rectángulo que circunscribe cada dovela.

¹²⁴ Esta solución tradicional siguió en uso durante mucho tiempo: v. Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, p. 20, que se encuentra los mismos problemas que Vandelvira y los resuelve con un baivel; cf. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 54-55. Allí el autor se plantea buscar un posible procedimiento para la labra *por robos* del «Arco Viaje por Testa», que Vandelvira resuelve *por plantas al justo*; sigue básicamente el procedimiento aquí descrito, con la diferencia de que las testas se cortan *al final* y no al principio, lo que evita los inconvenientes que reseñamos.

¹²⁵ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 85.

Al contrario de lo que sucede en la gran mayoría de las *trazas* del manuscrito de Aranda, se describe con claridad la **labra** de la pieza:

supongo que quieres labrar la pieza segunda de hacia el rincón E tomarás en la planta del dicho arco su planta por cara que esta entre los cuatro ángulos a b c d y con esta dicha planta labrarás de cuadrado la dicha pieza que tenga de alto lo que tuviere de alto el cuadrado de su bolsor desde el punto e al punto f y después de labrada de cuadrado con forma arriba dicha la robarás por entrambas testas con los robos que tuviere el cuadrado E que venga a quedar la dicha pieza por entrambas testas como parece el bolsor entre los ángulos g h i l y por la cara quedara labrada en rincón y si fuera del lado contrario quedara labrada la dicha cara en arista y de esta manera se han de ir labrando todas las demas piezas deste arco eceto la clave que ha de ir labrada de forma que la mitad que dé por la cara en arista y la otra mitad en rincón que por enmedio venga a estar en cuadrado

Es decir, se comienza desbastando un prisma definido por la forma en planta de la pieza, una «V», y que tiene de altura la altura total de la pieza, e f. A continuación se han de quitar cuatro cuñas que nos definirán las dos caras de lecho, el intradós y el trasdós. Pero el problema es complejo porque por la peculiar forma de la dovela tenemos **dos** cilindros de intradós, **dos** caras de lecho, etcétera. Para resolverlo se marcará en cada una de las dos testas la forma de la dovela en alzado g h i l. Para quitar una cuña, por ejemplo la situada debajo de g h, y materializar así la cara de lecho inferior, se irá quitando material partiendo de una testa apoyando una escuadra en g h; cuando se llega al final, se pasa a la otra testa y se repite la operación, apoyando la escuadra sobre la tirada g h marcada en la otra testa. Lo mismo haremos en la cara de lecho superior. También en el trasdós «robarás por entrambas testas», aunque con toda seguridad un cantero del siglo XVI se contentaría con desbastarlo; y aplicaría el mismo método en el intradós, pero aquí labraría con toda precisión, quizá con ayuda de una *cercha*:¹²⁶ Aranda nos aclara que en las dovelas de un extremo del arco las dos superficies del intradós se unen en ángulo entrante o *rincón* mientras las del otro extremo se unen en ángulo saliente o *esquina* y finalmente la clave tiene una mitad en *esquina* y otra en *rincón*.

Estas explicaciones desacostumbradas pueden obedecer al hecho de que es una de las pocas ocasiones en que Martínez de Aranda nos ofrece una construcción basada en la labra *por robos* tradicional, es decir, la que parte de un prisma rectangular. Este procedimiento de labra es básicamente el mismo que el que emplea Vandelvira en el correlato de este arco, el «Rincón de claustro»¹²⁷ o en el «Arco torre cavado y redondo por robos» y también el que emplea Hernán Ruiz en su versión del *Arco viaje contra cuadrado por testa*.

¹²⁶ V. p. 222, y Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, pp. 420-23 y 429 y fig. 230 y 231.

¹²⁷ Cf. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 39, donde discute la «Pechina por arista» que plantea básicamente el mismo problema.

Sin embargo, en la solución de Aranda aparece una pequeña diferencia: la envolvente en planta no es un rectángulo, sino que se adapta a la especial forma de la dovela: «tomaras en la planta del dicho arco su planta por cara que está entre los cuatro ángulos **a b c d**». Esta pequeña diferencia refleja un primer intento de evolucionar desde el planteamiento rígido del método *por robos* hacia soluciones más flexibles, como las que estudiaremos en los apartados siguientes. La misma construcción encontramos en el *Arco en rincón de caustria en bóvedas desiguales*, la misma intención hallamos reflejada en el *Arco capialzado hacia la menor subida por robos*:¹²⁸ se describe el complejo prisma mixtilíneo que envuelve a la dovela, y no un rectángulo como hacen Vandelvira o Hernán Ruiz en las *trazas* que vimos más arriba.

8

Labra por robos y saltarreglas

En general el procedimiento por robos, basado en proyecciones ortogonales, es de menor complejidad geométrica que el procedimiento directo, pero exige desbastar una pieza prismática para después sacar de ella la dovela, tallando las seis caras. En cambio el procedimiento directo, basado en abatimientos, es más complejo de traza y exige construir más plantillas, pero permite ahorrar trabajo y material en la labra de la pieza.¹²⁹ Philibert de L'Orme lo dice de forma bien expresiva:

Si quieres, puedes labrar estas puertas de cuadrado, [...] sin ayuda de plantillas [...] Pero así hay gran pérdida de piedras, lo que hace que los buenos maestros utilicen plantillas, que colocan todo alrededor de las piedras [...] y labran sus piedras con el baivel.¹³⁰

Para reducir esta «gran pérdida de piedras» sin entrar en las complejidades geométricas a que da lugar en ocasiones la labra *por plantas* se pusieron en práctica varios métodos intermedios. Uno de ellos consiste en inscribir la dovela no en un rectángulo de lados horizontales y verticales, sino en un prisma mixtilíneo que se ciñe lo más posible a la forma de la dovela; o por así decirlo, en la **envolvente estricta** de la proyección de la dovela sobre un plano vertical; veámoslo con dos *trazas* de Martínez de Aranda.

¹²⁸ V. p. 203 del Tomo II.

¹²⁹ V. Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie* t. I, pp. 13-15, con una comparación sistemática de las ventajas y desventajas de *robos* y *plantas*.

¹³⁰ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f 73 v.: «Si vous voulez, vous pouuez faire telles voutes de portes par equarrissement, [...] sans vous ayder des panneaux [...] Mais en cela il y a grande perte de pierres, qui faict que les bons maistres se seruent du panneau, lequel ils mettent tout autour des pierres [...] & font equarrir leurs pierres avecques le buveau [...]».

Figura 144. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 11.

Labra de una dovela del Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos

En el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*¹³¹ nos encontramos con el problema del arco con una jamba oblicua a la otra jamba y las dos testas [144]. En este caso el procedimiento directo es complejo, por lo que no es de extrañar que Martínez de Aranda ofrezca antes el procedimiento *por robos* con la doble intención de ofrecer una solución para canteros menos experimentados, y al mismo tiempo, ir preparando al lector para la comprensión de la solución *por plantas* que da a renglón seguido.

En cambio el procedimiento *por robos* es relativamente sencillo gracias a la forma en que se trazan las juntas entre dovelas, aprovechando que las dos testas del arco son de medio punto. Simplemente, las juntas entre dovelas constituyen un **haz de planos** que tiene por **recta común** el eje del arco de medio punto menor **C** y se representan como planos de canto por los segmentos **2 3**, **1 4**, etcétera. Evidentemente las juntas no convergen en el eje del arco mayor **A**, pero esto no parece preocupar a Aranda.

Como las juntas de lecho son planos de canto, la dovela estará contenida en un **sólido capaz** delimitado por los planos de las dos testas de la dovela, los planos de las juntas de lecho y los segmentos de cilindro resultado de proyectar **el intradós del arco menor y el trasdós del mayor** perpendicularmente a los paramentos. Es muy importante tener esto en cuenta: no se parte de un sólido capaz paralelepípedo, sino de un sólido de base mixtilínea adaptado a la forma de la dovela.

Desbastando este sólido capaz (*lo labrarás primero de cuadrado con la forma que parece entre los cuatro puntos 1 2 3 4 que tenga de grueso lo que tuviere de ancho la planta*) tenemos una primera aproximación a la forma de la dovela. Para darle su forma definitiva habrá que quitar dos cuñas; para Martínez de Aranda la importante es la situada entre el intradós real **1 5 6 2** y su proyección en planta (*después la robarás por la testa que mirare al arco pequeño C con el robo que parece entre los números 1 2 5 6*), pues la ejecución exacta del trasdós parece preocuparle muy poco.¹³²

Para facilitar este robo Aranda construye el ángulo que forma el segmento **2 6** con la recta de punta **2** abatiendo **2 6** con charnela en la recta de punta **2** y llevando el abatimiento al plano de impostas. El punto **2** pertenece a la charnela, por lo que no se moverá en el abatimiento y su proyección en el plano de impostas será **2'**, mientras que el punto **6** abatido y llevado a la línea de impostas estará sobre la línea **B** a una distancia **2 6** de la proyección de **2'** sobre **B**; uniendo **2'** con

¹³¹ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 11.

¹³² V. p. 222, y Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, p. 429.

el punto 6 abatido obtendremos la *saltrarregla* Γ en nuestro dibujo, que corresponde a la cara de lecho inferior de la dovela; por el mismo procedimiento obtendremos la otra *saltrarregla* Φ , correspondiente a la cara de lecho superior.

Comenzaremos la labra desbastando un sólido capaz en forma de prisma mixtilíneo cuya base tomaremos de 1 2 4 3, y de altura igual al grosor del arco, esto es, la distancia entre B y D. Sobre la cara de lecho podemos realizar la tirada 2 6 basándonos en el ángulo que forma con la recta de punta 2, que no es otro que el que forma la línea G, o Γ con una línea perpendicular a las testas del arco. Del mismo modo, después de materializar el plano de sobrelecho 1 5 4 podemos realizar la tirada 1 5 con ayuda de la *saltrarregla* F, o Φ .

A partir de ahí quitaremos material por debajo del plano definido por 1 2 5 6. Una vez alcanzado este plano, seguiremos *robando* con cuidado hasta materializar la superficie de intradós, para lo cual podemos utilizar una regla aprovechando que se trata de una superficie generada por rectas que se apoyan en los dos arcos.¹³³

Es interesante comparar el procedimiento con el empleado en las trazas anteriormente analizadas. En estas últimas el sólido capaz es un prisma rectangular de lados horizontales y verticales; en cambio, en la traza que estamos comentando, parece fuera de duda que Aranda parte de un prisma irregular de base mixtilínea: «lo labrarás primero de cuadrado con la forma que parece entre los cuatro puntos 1 2 3 4»; además las *saltrarreglas* se trazan específicamente para ser empleadas sobre los lados oblicuos de tal prisma mixtilíneo. Sin duda, Aranda introduce esta variación sobre el método *por robos* tradicional para reducir la «gran pérdida de piedras» que provoca el empleo del prisma ortogonal.

Con el *Arco capialzado por robos* abre Aranda la serie de los arcos *capialzados*. Son éstos figuras intermedias entre los arcos y los capialzados propiamente dichos, superficies regladas formadas por las rectas que cortan una recta y un arco de círculo; las superficies del intradós de los arcos capialzados son superficies regladas formadas por las rectas que pasan por un arco de medio punto o elíptico y un arco rebajado, en general escarzano.

En general Aranda resuelve estas trazas por el método directo, pero como también sucede en el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*¹³⁴, aquí nos da en primer lugar el procedimiento para labrar el *Arco capialzado por robos* para explicar el concepto y ofrecer una solución sencilla, para explicar después la solución más sofisticada *por plantas*.¹³⁵ Comienza trazando la testa de medio punto

¹³³ V. Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, pp. 420-23 y fig. 230-232.

¹³⁴ V. p. 54 y ss. del Tomo II.

¹³⁵ V. Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 41.

Figura 145. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 40.

Labra de una dovela del Arco capialzado por robos

A y a continuación el arco *en segmento menor de círculo* C, es decir un arco escarzano que tiene su centro por debajo de la línea de impostas.

Al ser las juntas de lecho planos de canto, la dovela estará contenida en un sólido capaz que tiene por caras los planos de las dos testas de la dovela, los planos de las juntas de lecho y los segmentos de cilindro resultado de proyectar el trasdós del arco de medio punto y el intradós del escarzano ortogonalmente a las testas.

Primero se desbastará este sólido capaz (*labrarásla primero de cuadrado con la forma que parece entre los cuatro puntos 1 2 3 4 que tenga de grueso lo que tuviere de ancho la planta*) para tener una primera aproximación a la forma de la dovela, con cuidado de dejar con creces suficientes para respetar la curvatura del arco 3 4. Para darle su forma definitiva habrá que quitar una cuña en el trasdós y otra en el intradós, aunque sólo parece preocupar a Aranda la de abajo (*después la robarás por el lado que mirare hacia el lado B con el robo que parece entre los puntos 1 2 5 6*)

Para facilitar este *robo* Aranda construye el ángulo que forma el segmento 1 5 con la recta de punta 1 por el sencillo procedimiento de abatir 1 5 con charnela en la recta de punta 1. Como el punto 1 pertenece a la recta de punta, no se moverá de su proyección horizontal 1', mientras que el punto 5' abatido estará sobre la línea B a una distancia 1 5 de la proyección de 1' sobre B; uniendo 1' con el punto 5' abatido tendremos la saltarregla F que corresponde a la junta de sobrelecho de la dovela; por el mismo procedimiento obtendremos la otra *saltarregla* G correspondiente al lecho alto de la dovela y que servirá también para la dovela siguiente.

Daremos comienzo a la labra desbastando el prisma mixtilíneo definido por la base 1 2 3 4, con una altura igual a la distancia entre B y D. Sobre la cara de lecho marcaremos la línea 2 6 basándonos en el ángulo que forma con la recta de punta 2, es decir, el que forma la línea G con una línea perpendicular a las testas del arco. Del mismo modo, en la cara de sobrelecho podemos realizar la tirada 1 5 con ayuda de la *saltarregla* F.

A continuación robaremos material por debajo del plano definido por 1 2 5 6. Después de alcanzar este plano, seguiremos robando con cuidado hasta materializar la superficie de intradós, ayudándonos de una barra ya que se trata de una superficie reglada.¹³⁶

¹³⁶ V. p. 222 y Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, pp. 420-23 y fig. 230-232.

Labra por robos y plantas

Las trazas del grupo anterior son construcciones basadas en proyecciones ortogonales, en las que aparecen embrionariamente los abatimientos, reducidos todavía a una línea en la cara de lecho, la **saltrarregla**. En el grupo de cortes que vamos a estudiar ahora las *saltrarreglas* se convierten en verdaderas plantillas de las caras del sólido capaz, tímidamente en el *Arco por arista en la cara* y con toda claridad en el *Arco por arista en la cara en viaje*.

Esta problemática reviste gran interés, pues estamos acostumbrados a ver los dos sistemas de trazado *por robos* o «par équarrissement» y «por baivel», directo, *por plantas al justo* o «par panneaux» como dos mundos opuestos; mientras que en estas trazas veremos un procedimiento que puede considerarse intermedio entre ambos métodos.¹³⁷

El *Arco por arista en la cara* de Ginés Martínez de Aranda¹³⁸ resuelve el problema de un arco de medio punto cuyo intradós no es cilíndrico, sino que está formado por dos superficies que pasan por una *arista* común, formando una sección en «V» [147]; este intradós equivale al de dos *arcos capialzados*¹³⁹ unidos simétricamente de forma que la embocadura más baja se disponga hacia el interior del arco compuesto resultante. En lo que sigue, para mayor claridad pondremos en cursiva la voz *arista* cuando la usemos en el sentido de Aranda, como *arista* del arco, y no cuando la empleemos en el sentido moderno, como arista de una cara de una dovela.

Aranda resuelve la construcción únicamente *por robos*, mientras que en el *Arco capialzado* la resolvía tanto *por robos* como *por plantas al justo*.¹⁴⁰ En este arco el cilindro del trasdós es de eje horizontal, al contrario de lo que sucedía en el *Arco capialzado*, lo que hace que el desperdicio de trabajo y material que conlleva el procedimiento *por robos* sea menor; tal vez por eso Aranda no expone el procedimiento *por plantas al justo* para este arco.

La construcción será análoga a otras construcciones *por robos*. Comenzaremos trazando la planta entre las dos embocaduras B, el arco A E y la *arista* C,

¹³⁷ Debe tenerse en cuenta que los métodos intermedios entre *robo* y *planta* que aparecen en la obra de Martínez de Aranda son bien diferentes del «demi-équarrissement» de Frézier, que Bails traduce por «media escuadría», puesto que en éstos lo único que se pretende es ganar precisión respecto a la labra *por robos*, mientras que Aranda busca al mismo tiempo ahorrar material. V. Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, pp. 11-13.

¹³⁸ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 46.

¹³⁹ V. Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 40, y p. 135 del Tomo II.

¹⁴⁰ V. Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 40-42.

Figura 146. Benito Bails, *Elementos de Matemática*, t. IX, p. 438.

Figura 147. Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos y trazas de monte*, pl. 46.

repartiendo el dovelaje de forma que el arco quede dividido en partes iguales por un haz de planos de canto que pasan por el eje que une los centros de los arcos de embocadura.

Para labrar una dovela, supongamos que la segunda, comenzaremos labrando un bloque definido en la testa por los puntos 3 y 4, que corresponden a la intersección de dos de los planos de canto con el cilindro del trasdós; y por los puntos 1 y 2, que se obtienen proyectando la *arista* C sobre el plano de la embocadura y obteniendo la intersección de la proyección con los dos planos de canto. En palabras de Aranda *la labrarás primero de cuadrado con la forma que tuviere entre los cuatro puntos 1 2 3 4 que tenga de grueso lo que tuviere de ancho la planta del dicho arco.*

Tenemos por lo tanto labrada la dovela, pero ahora será preciso *robar* dos cuñas por su parte inferior para darle forma de «V». Para ello necesitamos contar con una plantilla para cada una de las caras de lecho de la dovela; obtendremos la de la cara de sobrelecho abatiendo el triángulo formado por el punto intersección de la cara con la *arista* y los dos puntos 1 y 5. La operación no requiere más que tomar esta medida del alzado y llevarla a la planta dos veces, para cada uno de los lados del arco. Del mismo modo obtendremos la plantilla para la cara de lecho propiamente dicha, abatiendo el triángulo formado por los puntos 6 y 2 y por la proyección de este último en la testa. Hemos dado por lo tanto otro pequeño paso desde el *Arco capialzado por robos*, pues allí lo que obteníamos era una *saltrarregla*, es decir, una arista de la cara de lecho, mientras que aquí obtenemos dos *saltrarreglas* que dan lugar a un embrión de plantilla.

La labra no tendrá ningún tipo de dificultades, pues una vez desbastada una dovela de perfil 1 2 3 4 bastará con realizar en cada cara de lecho de la dovela el trazo que une la *arista* con los puntos 5 y 6 y en la cara de testa el arco que une ambos puntos, a partir de lo cual robaremos hasta alcanzar el plano definido por estos dos puntos y los dos extremos de la *arista*, y alcanzado este punto, seguiremos quitando material con cuidado hasta materializar la superficie del intradós, ayudándonos de una regla dado que se trata de una superficie reglada.¹⁴¹

El *Arco por arista en la cara en viaje*, es una variante de la anterior para el caso del arco esviado, de planta romboidal. Comenzaremos trazando una de las testas, que es un arco de medio punto; como el plano del paramento no es perpendicular al eje del cilindro de intradós, el cilindro no es circular, sino elíptico peraltado. Nos encontramos aquí con un detalle curioso: la *arista* se proyecta sobre el plano de la testa según una dirección de proyección paralela al eje del cilindro, es decir,

¹⁴¹ V. p. 222 y Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, pp. 420-23 y fig. 230-232.

estamos ante un alzado obtenido por proyección oblicua. De él tomaremos el sólido capaz definido por los puntos 1 y 3 y los extremos de las aristas longitudinales superiores de la dovela. Ahora bien, hasta ahora sólo tenemos una testa de la dovela. No podemos *labrarla de cuadrado* como en otras construcciones *por robos*, porque los planos de lecho no son planos de canto, al contrario de lo que ocurría en otros cortes del manuscrito de Aranda, como el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*, o el *Arco capialzado por robos*.¹⁴²

Por tanto, para pasar a la otra testa necesitaremos la *planta por cara* o plantilla de intradós del sólido capaz; no entraremos aquí en los detalles de la construcción, que se analizan en otro lugar; baste decir que son verdaderas *plantas* obtenidas por abatimientos como otras muchas, pero no de la dovela definitiva sino del sólido capaz. Para construir las *plantas por lecho* seguiremos con el mismo método mixto entre *robos* y *plantas al justo*. Construiremos en primer lugar la planta por lecho F por abatimientos como hemos hecho en las *plantas por cara*, lo que nos permitirá labrar el sólido capaz. Pero hemos de robar dos cuñas en la parte baja de éste, entre su cara inferior y las superficies que pasan por la *arista 1 3* y los tramos de los arcos de testa 4 2. Para ello, tomando del alzado la distancia entre la proyección 1 de la *arista* y la proyección 2 del extremo de la cara de testa, la llevaremos sobre la arista de la cara de lecho, con lo que construiremos la directriz que nos servirá para robar por el método ya visto para este tipo de construcciones, tomando la distancia 1 2. El texto de Aranda, aunque escueto, no puede ser más explícito sobre la naturaleza del método:

en las plantas por lechos formarás segunda vez las plantas por lechos para plantarlas al justo como parece en las plantas por lecho F y les robarás las piezas conforme se hizo en el arco por arista en la cara a 47 planas deste libro

La denominación de estas trazas es ambigua; cuando es preciso diferenciarlas de soluciones a los mismos problemas enfocadas *por robos*, Aranda no tiene inconveniente en hablar de *Arco en rincón de caustria por plantas*,¹⁴³ aunque se trate de un método que, exactamente igual que el *Arco por arista en la cara*, combina los *robos* con unas *plantas* embrionarias de sólo dos lados. Los tratadistas franceses tienen aún menos escrúpulos: Mathurin Jousse presenta como «Biais passé par panneaux» una *traza* en la que emplea una solitaria *saltrarregla*.

Una combinación similar de *plantas* y *robos* aparece en el *Capialzado desquijado con sus despiezos*.¹⁴⁴ Se trata como en los casos que venimos viendo, de labrar la

¹⁴² V. Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 11 y 40, y pp. 54 y 121 del Tomo II.

¹⁴³ V. pp. 217 y 138 del Tomo II.

¹⁴⁴ V. p. 74 del Tomo III.

Labra de una dovela del Arco por arista en la cara en viaje

Labra de una dovela del Capialzado desquijado con sus despiezos

dovela partiendo de un bloque con una forma aproximada a la de la dovela definitiva, pero aquí la sección mixtilínea es la que corresponde a planos verticales perpendiculares a las embocaduras del capialzado, mientras que las testas de las dovelas se inscriben en rectángulos. Aranda expone con brevedad la labra:

de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas por cuadrado antes que se hayan de robar y sacadas las dichas plantas por lechos y por caras labrarás primero la pieza de cuadrado con las dichas plantas y después la robarás por la testa que sirve para el arco F con los robos del bolsor M y por la testa que sirve al arco E con los robos del bolsor N

Por tanto, después de trazar las plantillas de testa, de lecho y de intradós se labrará la pieza *de cuadrado*, desbastándola de forma aproximada con ayuda de las plantillas. Obtenido así el bloque envolvente, se robarán cuatro cuñas tal como se describe en la *definición* primera de la segunda parte del manuscrito;¹⁴⁵ pero si allí se tenía por seguro que las plantillas de testa eran iguales, aquí no lo son; por eso no se puede pasar *los dichos robos de una testa a la otra* sino que es necesario comenzar robando *por la testa que sirve para el arco F con los robos del bolsor M y por la testa que sirve al arco E con los robos del bolsor N* y después realizar tiradas que materialicen el paso de una testa a otra. El mismo método se aplica en el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*, y sus variantes en *viaje por testa* y *viaje por cara*.¹⁴⁶

También el mismo planteamiento, pero ya con complicaciones que se acercan al terreno del virtuosismo, encontramos en el *Capialzado abocinado en vuelta con sus despiezos*, así como en sus dos variantes, el *Capialzado abocinado en vuelta en torre cavada* y el *Capialzado abocinado en vuelta en torre redonda*.¹⁴⁷ La labra se describe ampliamente en el primero de ellos; se comienza desbastando un bloque en prisma mixtilíneo que tenga por base la *planta por cara* y la altura de las envolventes de las *plantas por lecho*; Aranda deja bien claro que se trata de desbastar este bloque *con la forma que tuviere el cuadrado de la planta por lecho*. En la segunda fase se da forma a las *plantas por lecho*:

después de labrada la dicha pieza de cuadrado con la forma arriba dicha la robarás primera vez de cuadrado con el altura que sube más el cuadrado del bolsor M en el arco B que no el cuadrado del bolsor N en el arco I y después de robada vendrá a quedar por el lado redondo con la forma que tuviere la planta por lecho que está entre los cuatro ángulos 1 4 9 10 y ha de quedar por el lado cavado con la forma que tuviere la planta por lecho que está entre los cuatro ángulos 5 8 11 12 y vendrá a quedar por la testa que sirve para el lado de la planta C con la forma que tuviere el cuadrado de su bolsor M y vendrá a quedar por la testa que sirve para el despiezo E con la forma que tuviere el cuadrado de su bolsor N

¹⁴⁵ V. p. 219.

¹⁴⁶ V. p. 141 y ss. del Tomo III.

¹⁴⁷ V. pp. 81-94 del Tomo III.

Dicho de otro modo, se han de robar dos cuñas, una por encima y otra por debajo de la dovela, de forma que obtengamos cuatro tiradas que unan dos a dos los cuatro vértices de **M** con los cuatro vértices de **N**, con ayuda de las mal llamadas *plantas por lecho*; y decimos mal llamadas porque se colocan en un plano vertical para obtener una superficie reglada de generatrices verticales; la verdadera junta de lecho inclinada, en la que apoya una dovela sobre otra, se obtiene en la fase siguiente. Por otra parte, la *planta por lecho* del lado cóncavo puede ser útil, aunque no imprescindible, para labrar esta superficie, pues se puede apoyar en los cuatro vértices de la cara para controlar la ejecución; en cambio, la del lado convexo no debía de ser de gran ayuda, pues no se puede apoyar en los cuatro vértices al mismo tiempo por impedirlo la convexidad de la superficie.

Una vez hecho todo, esto podemos pasar a la labra *por robos* propiamente dicha, tal como se describe en la *difinition* primera de la segunda parte, que expone una versión singular del método de *robos*, la que une ambas testas no por segmentos de recta sino por arcos de circunferencia. Su primera utilidad tal vez fue la de resolver las bóvedas anulares a nivel, tales como la de la abadía románica de Montmajour o la del patio del Palacio de Carlos V en la Alhambra granadina.¹⁴⁸ Pero en tiempos de Aranda ya se conocía la solución de este problema *por plantas* y los *robos* se reservaban para el caso más complejo de la bóveda anular rampante, la de la célebre «Vis de Saint-Gilles» o de este *Capialzado abocinado en vuelta con sus despiezos* arandino. Hemos de quitar cuatro cuñas: una por debajo para materializar la superficie de intradós; dos por los lados, que nos permiten dar forma, esta vez sí, a los verdaderos lecho y sobrelecho de la dovela; y una por encima que corresponde al trasdós; en palabras de Aranda *después las robarás segunda vez por las testas con los robos que tuvieren los dichos cuadrados de sus bolsos cortándolos dichos robos de unas testas a otras*. Para ayudarnos a labrar las tiradas curvas que conectan una testa y otra nos dice que

con unas circunferencias extendidas las cuales dichas circunferencias extenderás por circunferencia concurriente como se hiciere en la difinition [primera] de esta la tercera parte [...] como parece la cercha extendida Q que se extendió para la circunferencia R

Siguiendo la *difinition* primera de la tercera parte del manuscrito, se trata de construir el arco **R** en verdadera magnitud, para lo que debemos trazar una línea de base que tenga la longitud de la cuerda del arco **R** que se extiende entre los

¹⁴⁸ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 181. Es significativo comprobar que la *traza* aparece resuelta todavía *por robos* en el *Cuaderno* granadino de Juan de PORTOR Y CASTRO, 1708, f. 52, que hace mención explícita del palacio de la Alhambra, aunque ya se conocía desde hacía mucho tiempo la solución *por plantas* que expone Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 111 r.

*Figura 148 Amed-Louis Frzier,
Traite de strotomie, t. II, pl. 28.*

Labra de una dovela de la Pechina carpanel en viaje según Alonso de Vandelvira

despiezos C y E y una perpendicular por el extremo correspondiente a C sobre el que se llevará la distancia entre cotas de ambos extremos, es decir, la longitud *f b* descontando la altura de *h* sobre la línea de impostas; la hipotenusa del triángulo rectángulo así obtenido nos dará la distancia entre los extremos del arco *R* y sobre el punto medio de esta hipotenusa trazaremos una perpendicular sobre la que llevaremos la flecha de *R* tomada de la proyección horizontal con lo que obtendremos la *cercha* que Aranda considera como la representación en verdadera magnitud del arco *R*; .

10

Labra por plantas y saltarreglas o baiveles

En este grupo de «cortes» y el siguiente ya nos encontramos con un uso total de *plantas*, baiveles y *saltarreglas*, es decir, de plantillas más o menos completas obtenidas por abatimientos; desaparece por completo la idea de sólido capaz y las caras de la pieza se labran directamente, lo que en el siglo XVI se considera prueba de dominio del oficio:

Este modo es apropiado cuando se quiere hacer la bóveda y labrar la piedra por robos: pero hay más arte e industria en cortarlas todas, y marcarlas con las plantillas.¹⁴⁹

Para que este procedimiento sea exacto es imprescindible que los cuatro vértices de la cara que intentamos representar con la *planta*, bien sea *por cara* o *por lecho*, sean coplanares. En todos los casos se obtiene la plantilla para la cara de intradós o *planta por cara*; sin embargo, puede obtenerse la plantilla para la cara de lecho completa o *planta por lecho*, como sucede en muchas ocasiones o simplemente trazarse la arista de testa de la cara de lecho, que Vandelvira denomina *saltarregla*, como hace en el *Viaje contra viaje* o la *Capilla redonda en vuelta redonda*.¹⁵⁰

En la «Pechina carpanel en viaje» Vandelvira nos dice

primero se ha de labrar el paramento de la dovela a regla, luego se ha de plantar la planta en el dicho paramento, luego se han de labrar los lechos con los baiveles a regla como demuestran los

¹⁴⁹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 118 v.: «Telle façon est encores propre quand on veult faire la voute & tailler les pierres par equarrissement: mais il y a bien plus d'art & plus d'industrie de les couper toutes, & les trasser avec les panneaux». V. también la discusión de las ventajas de un método y otro en Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, pp. 13-15, 111.

¹⁵⁰ Para el «Viaje contra viaje», v. Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 27 v.. Para la «Capilla redonda en buelta redonda», *ibid.*, f. 61 r. Para un método similar, v. Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 105 r. Cf. Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, p. 277.

baiveles **B B** echándolos por las cabezas que miren a plomo y luego se han de plantar en los lechos las saltarreglas y labradas las cabezas con las saltarreglas se ha después de trazar la cercha del arco.¹⁵¹

Extrapolando el método a un arco, sobre una cara del bloque desbastado labraríamos un plano sobre el que aplicaríamos la *planta por cara* marcando su contorno con un trazador o con almagre; a continuación pasaríamos simultáneamente a *afondar la dovela* y labrar las caras de lecho con ayuda de un *baivel* que representa la sección recta del arco, y que podemos construir fácilmente tomando el ángulo de sus brazos y la curvatura de su brazo convexo del arco de medio punto trazado en un plano imaginario.¹⁵² En esta operación es fundamental mantener el *baivel* en un plano paralelo a este plano de testa imaginario, por lo que Vandelvira insiste en que «se han de labrar los lechos con los baiveles a regla [...] echándolos por las cabezas que miren a plomo»¹⁵³ y en otra *traza* repite la advertencia: «Háse de advertir que en todas las pechinas se han de poner los baiveles que miren a su plomo a trainel de la cabeza y no en cuadrado de la arista de la piedra».¹⁵⁴ Después se pueden colocar en las caras de lecho así labradas las *saltarreglas* que nos darán el ángulo que forman las caras de lecho con las testas reales y nos permitirán labrar éstas.

En el *Arco abocinado* de Alonso de Guardia, manuscrito que como vimos se relaciona con el de Martínez de Aranda por el léxico, la notación, la ortografía y por algunas trazas como ésta que no aparecen en el manuscrito de Vandelvira, leemos:

Para labrar las piezas deste dicho arco les plantaras por las caras sus plantas por cara y por lechos les plantaras su planta por lecho labrándolas por las testas anchas con el baivel del arco grande y por las testas angostas con el baivel del arco pequeño

Así pues, la labra debería comenzar materializando sobre el bloque llegado de la cantera un plano *a regla y borneo*¹⁵⁵ sobre el que se *plantaría* o colocaría la *planta por cara*, para marcar su contorno con almagre o un punzón. A continuación iríamos labrando simultáneamente la cara de intradós para *afondarla* y la cara de lecho, con ayuda de sendos *baiveles*, es decir, escuadras con un lado convexo que

¹⁵¹ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 8 v.

¹⁵² V. Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 90.

¹⁵³ Esta operación requiere gran pericia en el cantero, especialmente en trazas como la *Pechina carpanel en viaje* donde no disponemos de una testa, ni real ni imaginaria, que pueda servir de referencia al cantero. Los tratados de la Ilustración intentarán aportar una construcción que ofrezca, no el ángulo entre junta de intradós y *tirantez*, sino el ángulo diedro entre la cara de intradós y la cara de testa. V. Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie* t. I, p. 372; Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, pp. 392, 416-417, 442 y fig. 248.

¹⁵⁴ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 15 r.

¹⁵⁵ V. p. 222.

Labra de una dovela del Arco abocinado según el manuscrito llamado de Alonso de Guardia

Figura 149. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 166.

Figura 150. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 19 v.

corresponde a la concavidad del arco y actúan como plantillas negativas.¹⁵⁶ Dado que se trata de un arco abocinado, los radios de curvatura en una testa y en otra son diferentes y necesitamos dos *baiveles*, que además sólo son útiles para labrar el intradós en las proximidades de las testas, pero dado que se trata de una superficie reglada, podemos terminarla después con ayuda de una regla. La *planta por lecho* nos sirve para controlar el resultado y trazar sobre las caras de lecho dos tiradas que nos dan su intersección con las caras de testa; labrando planos que pasen por estas tiradas y por los extremos de las caras de intradós podemos materializar las testas y sólo quedará desbastar el trasdós, operación a la que se debía de prestar poca atención, como en otros casos.¹⁵⁷

Por el contrario, Aranda no hace referencia ni una sola vez al baivel, ni tampoco a la *saltarregla* en el sentido de Vandelvira, de «arista de testa de la cara de lecho», puesto que para él la *saltarregla* es la arista de intradós de la cara de lecho. No es fácil aceptar que Martínez de Aranda desconozca un instrumento que, como hemos visto más arriba, debía de ser bien conocido en el Escorial y aparece resaltado en una obra que debía de conocer Aranda con toda probabilidad como el *Premier Tome de l'Architecture*. La *saltarregla* de Vandelvira aislada, sin *plantas por lecho*, aparece entre los dibujos de los *Cerramientos*, pero muy esporádicamente [123, 149]: en el *Capialzado viaje por testa a regla diferente del pasado*, en el *Capialzado desquijado en cercha por la cara*, en el *Capialzado oval*.¹⁵⁸ Más

¹⁵⁶ Geneviève BARBÉ-COQUELIN DE LISLE afirma en «Progresos de la cantería y nivel científico en España en la época de Juan de Herrera», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 131, que: «Por aquella época había mejorado el sistema de corte de las piedras mediante el uso de instrumentos específicos que permitían cortar la piedra sin usar plantillas, es decir, trozos de madera o cartón cortados específicamente a las dimensiones de la piedra a conseguir. Se llamará la atención sobre dos de estos instrumentos que se llaman el baivel y la saltarregla. Los encontramos ya representados y mencionados por Philibert de L'Orme [...]». Leído apresuradamente, el pasaje podría dar a entender que el baivel es un método alternativo a las plantillas, que a la hora de labrar una dovela se puede elegir entre labrarla *por baivel* o *por plantas*. Pero no es esto lo que dice Alonso de Guardia, sino que el baivel se usa simultáneamente a las plantillas, es complementario y no alternativo. El mismo uso conjunto de baivel y plantillas lo encontramos en el pasaje antes citado de Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f 73 v. y en Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 8 v., 60 v, y 97 r. Cf. José Carlos PALACIOS, «La estereotomía en el Renacimiento. El Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, p. 103; *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pássim y esp. pp. 19-20 y Enrique RABASA DÍAZ, «Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, p. 429.

¹⁵⁷ V. p. 222.

¹⁵⁸ V. pp.21, 99 y 100 del Tomo III. También la encontramos junto a *plantas por lecho* completas en el *Capialzado viaje por cara a regla* por falta de espacio, en el *Capialzado viaje por testa en torre redonda a regla*, en el *Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda* y en su variante *viaje por testa*, y en el *Capialzado por rincón para una puerta por esquina*. En la mayoría de estos casos se trata de una simple construcción auxiliar para obtener después las *plantas por cara*, y lo que se expone es la construcción de la *planta por lecho* completa, pero eso demuestra precisamente lo

significativo es un detalle sutil: en muchas *trazas* del manuscrito, Aranda, o el copista, dibuja la arista de intradós y las dos aristas de testa de la *planta por lechos* de trazo continuo, mientras que la cuarta arista, la de trasdós, se representa en línea de puntos, como si nos diera a elegir entre trazar los cuatro lados para construir una planta, o sólo tres para utilizar la *saltarregla*.

Se ha planteado que la labra por baiveles corresponde a una época posterior a la labra *por plantas*¹⁵⁹ y es más evolucionada,¹⁶⁰ apoyándose en pasaje de Philibert, relativo a las escaleras con un cuarto volado, en las que dice:

Si tuviera que dirigir la construcción de [una vía de san Gil] no me tomaría el trabajo de hacerlo por plantillas, y mucho menos por robos [...] no hay tanto trabajo, ni tantas dificultades como los obreros pensaban antes, y todavía algunos lo piensan, por no saberlo. Es muy cómodo y fácil hacerla con baiveles y saltarreglas: porque teniendo las regla - cerchas y sus escuadras, es fácil marcar correctamente todas las piedras. El que quiera ver algo parecido, que se desplace al castillo de Boulogne cerca de París [hoy de Madrid].¹⁶¹

pero un poco más adelante dice que «veis también [...] las reglas - cerchas según las cuales se pueden tomar los rampantes para cortar las piedras con los baiveles y saltarreglas, o bien construir plantillas».¹⁶² Por tanto, la adopción del baivel no busca ganar en precisión, sino ahorrar el trabajo de construir la plantilla y de paso demostrar la extraordinaria habilidad del autor, entre cuyas sobresalientes virtudes no estaba la modestia.¹⁶³ Encontramos otras pruebas de que regla-cerchas, saltarreglas, baiveles y plantillas son intercambiables en Fray Laurencio de San Nicolás, que nos dice que en el arco de medio punto «haciendo la plantilla, o regla

que decimos algo más adelante: plantillas y *saltrarreglas* son intercambiables en función del grado de precisión que se necesite alcanzar.

¹⁵⁹ Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 190-191.

¹⁶⁰ Geneviève BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, «Progresos de la cantería y nivel científico en España en la época de Juan de Herrera», en *Juan de Herrera y su influencia*, pp. 129-136, remite a Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 54 v., donde se describe el baivel; pero de ahí no se deduce a nuestro entender que el baivel sea mas evolucionado o posterior a las plantillas, que se describen igualmente un folio después. Sí se puede defender que sea posterior su empleo en el «Quartier de vis suspendu» y la «Vis de Saint-Gilles» pero generalizar la afirmación indiscriminadamente a otras *trazas* es otra cosa.

¹⁶¹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 124 r.: «Si ie l'auois a conduire ie ne me soucierois gueres de la faire par panneaux, ny moins par equarrissement, vous aduisant qu'il n'y a point tant de peine, ny tant de difficulté que les ouuriers le pensoient pour lors, & que plusieurs encore le pensent, pour ne le sçauoir. Il est aussi fort aisé & facile de la faire avec des bueaux et sauterelles : car en ayant les cerches ralongées qu'il fault, & leurs equierres, il est facile d'en trasser iustement toutes les pierres. Qui voudra voir chose semblable, se transporte au chateau de Boulogne pres Paris [...]».

¹⁶² Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 124 r.: «voyez aussi [...] les cerches ralongées, suiuant lesquelles on peult prendre les rempans pour couper les pierres avec les bueaux & sauterelles, ou bien de leuer des panneaux». V. también f. 126 r.

¹⁶³ Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, pp. 131-132 y sobre todo 29: «Philibert, en fier capitaine, pousse la fanfaronnade jusqu'à faire étalage de ses talents de stratège, narrant les ruses grâce auxquelles il mit en déroute les Anglais».

cercha [...] tienes lo necesario para labrar todo el arco», y también que las dovelas del arco escarzano

comúnmente tienen seis superficies que es dos paramentos, suponiendo que cogen el grueso de toda la pared dos lechos, o juntas, y la superficie cóncava que denotan Y N y convexa H L todas estas se labran en cuanto lechos o juntas, con una saltarregla: porque como las juntas nacen del punto donde se fija el cintrel, y siempre se va continuando su igualdad, no es menester diferente cercha: quiero decir; ni más ni menos abierta.¹⁶⁴

pero la demostración más clara la ofrece el «Viaje por testa» de Alonso de Vandelvira, en el que expone la construcción de «plantas» y «saltarreglas» para después añadir que «si quisieres echar molduras has de extender los moldes en las saltarreglas» lo que equivale a construir una completísima plantilla de la cara de lecho de la dovela que representa, no ya las cuatro aristas, sino la sección de las molduras con todo detalle [150]. Esto viene a confirmar que el paso de saltarreglas o baiveles a plantillas no implica un cambio substancial en el método de trazado, sino un incremento en la precisión del que se puede prescindir muchas veces para reducir costos.¹⁶⁵

Si los cuatro vértices de la cara de lecho son coplanares, una vez obtenidas las *saltarreglas* no presenta ninguna dificultad trazar el segmento que une los extremos de ambas *saltarreglas* para obtener una verdadera *planta por lecho* que podemos materializar en madera o metal para auxiliarnos de ella en la labra si lo necesitamos. Por tanto, en estos casos la diferencia entre los cortes que se limitan a obtener la *saltarregla* y los que construyen la *planta por lecho* no es tanto de procedimiento como de grado de precisión. Para muchos trabajos bastará con conocer el ángulo entre cara de intradós y testa, que es para lo que sirven las *saltarreglas*, y aplicarlo mediante un transportador de ángulos. Precisamente en autores del siglo XVIII como Rejón de Silva¹⁶⁶ el término *saltarregla* tiene el sentido de «transportador de ángulos», y probablemente esta acepción sea la original, pues la *sauterelle* francesa es en primer lugar la pata del saltamontes. En otros casos, sobre todo si el arco lleva molduras, convendrá realizar una plantilla positiva o negativa para ayudar en la labra, y para eso será necesario construir en

¹⁶⁴ Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, 1639, f. 67 v., 64 v.

¹⁶⁵ Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 248: «Although at this point all other templates could be laboriously constructed, Vandelvira uses the short cut described by De L'Orme and limits himself to obtaining the *saltarreglas*». Es decir, las «saltarreglas» de Vandelvira son un atajo por el cual se llega al mismo lugar al que conducen las *plantas*, pero más rápidamente, y no suponen un procedimiento sustancialmente diferente.

¹⁶⁶ V. D[iego] A[ntonio] R[EJÓN] D[E] S[ILVA], *Diccionario de las Nobles Artes*, voz «Saltarregla». La evolución del término es compleja. Originariamente el francés *sauterelle* - pata de saltamontes - debió designar el instrumento, una escuadra graduable utilizada como transportador de ángulos; de ahí, por analogía debió de pasar a significar «ángulo», y posteriormente, se identificaría el término con el segmento de recta que se traza para conocer el ángulo.

madera o metal no sólo la *planta por cara* sino también la *planta por lecho* e incluso una serie de plantillas de testa o *cimbria*.¹⁶⁷

Llegados a este punto, hemos de pensar que si Aranda no cita ni una sola vez la palabra «baivel», si apenas usa la *saltarregla* en el sentido de Vandelvira, no es por desconocimiento, sino muy al contrario por razones didácticas. Su voluntad enciclopédica, su afán de decirlo todo sobre la cantería le llevan a resolver la gran mayoría de sus *trazas* mediante plantillas, por la sencilla razón de que conocida la traza de la plantilla no tiene ninguna dificultad construir la *saltarregla* de Vandelvira; quizá por esa razón representa la cuarta arista mediante una línea de puntos, dando a entender que el lector puede o no trazarla según sus necesidades.

11

Labra por plantas

En la «Porte biaise par teste», Philibert de L'Orme nos dice:

[...] entre 11 13 16 y 20 está la plantilla que hay que trazar sobre la piedra para cortarla por la junta [de lecho] I R. Presupongo que ya habéis escuadrado las piezas y dovelas de vuestro arco siguiendo la plantilla [de testa] que hay que tomar de I R H B, todo según es espesor del muro más su avance [diagonal ...] para cortar la testa de las piedras para hacerla oblicua, se tomará de la línea A B [perpendicular a las jambas] y la de A E [de la testa].¹⁶⁸

Haciendo las cosas así, poco se gana en economía de trabajo y material sobre la *labra por robos* combinada con las *saltarreglas*; por tanto, aquí las *plantas* se

¹⁶⁷ Aquí nos encontramos con un punto de difícil interpretación. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 57, afirma que se ha de obtener la *cimbria* cuando se quieran tallar molduras en arcos con deformaciones importantes en las testas, y remite a la «Puerta por esquina y rincón» de Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 20 v. Sin duda trazar las molduras en la *cimbria* puede ayudar a su labra, y Vandelvira era consciente de ello, como queda claro en el f. 20 r. y en otros pasajes, especialmente el f. 16 r. Pero también hay que tener en cuenta que Vandelvira dice «también entenderas la manera que has de estender las molduras en las saltarreglas por la traza pasada». Palacios parece entender que se refiere exclusivamente al f. 20 r., que tiene por encabezamiento «Declaración de la cimbria del arco viaje por testa», y por tanto las molduras se han de trazar con ayuda de la cimbria. Pero también puede entenderse que cuando Vandelvira dice «traza pasada» se refiere al conjunto de los f. 19 v. y 20 r., puesto que ambos pertenecen al Título 24; éste aparece en la «Tabla de lo entendido en este libro» del final del manuscrito como un epígrafe único que comienza en el folio 19. En tal caso, Vandelvira podría no estar hablando de la *cimbria* del f. 20 r., sino del pasaje del f. 19 v. donde dice que «Si quisieres echar moldura has de estender los moldes como parecen [...] señalada con la A que es la primera del elegimiento y la de la B que es la de junto a la clave...» y por tanto para trazar las molduras lo ideal sería no sólo trazar la *cimbria* sino *estender la moldura* en la *saltarregla*, con lo que ésta se acerca mucho a una verdadera *planta por lecho*.

¹⁶⁸ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 71 v.-72 r.: « tout ce qui est enfermé entre 11, 13, 16, & 20, est le panneau apres quoy il fault trasser la pierre pour la couper au ioinct I R. Le pressupose que vous auez desia equarri les pieces & doiles de vostre arceau, suyuant le panneau qu'il fault leuer IR, HB, le tout selon l'espaisseur de vostre muraille, compris son auancement. [...] pour couper le deuant des pierres pour le faire biaise, il se prendra apres la ligne A B, & celle de A E [...]».

Labra de una dovela de la "Porte biaise par teste" según Philibert de L'Orme

Labra de una dovela del Arco en torre cavada y redonda

emplean ante todo para ganar precisión. Pero existe otro método que además permite economizar trabajo, aunque requiere una ejecución muy precisa:

Quiero advertir al lector que las piedras de toda clase de trompas son más difíciles de tallar que las de otras muchas clases de cortes, porque después de haber tallado la cara de intradós, podéis marcarla bien con su plantilla, pero las otras, como las plantillas de lecho, de testa, y de trasdós, no se os ocurra marcarlas para cortar la piedra de un golpe, porque la echaríais a perder y no serviría para nada. Hace falta cortar un poco de uno de los lechos, después un poco de la testa, del mismo modo del lado del trasdós y así un poco de uno y un poco de otro, y no todo de golpe, sino cortándolo todo tan diestramente que podáis rodear vuestra piedra de plantillas todo alrededor que se unan justamente y se toquen una a la otra por todas sus aristas, tanto por los lechos como por las caras y por delante, donde está el panel de testa, porque si no tenéis cuidado, vuestra piedra se echará a perder pronto, y no servirá.¹⁶⁹

Más adelante, Frézier tratará de buscar un procedimiento más sencillo y más seguro construyendo los ángulos diedros que forman tres plantillas entre sí; pero lo que obtendrá serán tres «biveaux», con lo que vuelve al campo de la labra que hemos denominado *por plantas y baiveles*.¹⁷⁰

Aunque la base de la labra *por plantas* la forman los abatimientos, no se excluye el uso de proyecciones ortogonales; así en el segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*,¹⁷¹ Aranda construye las *plantas por cara y por lechos*, que unidas a la testa que es un dato del problema han de permitirle labrar la dovela con total precisión; por si esto fuera poco, nos dice que *hánse de labrar las piezas por las testas con la forma que tuviere el arco cimicirculo A y por las caras de los bolsores se han de labrar de cuadrado con la forma que tuviere el arco encogido tirado en blanco D*. Es decir, aunque dispone de la embocadura circular del arco, construye la sección recta del cilindro de intradós, que es un arco elíptico peraltado, para *labrar de cuadrado las caras de los bolsores*, esto es, esto es, para labrar el intradós de las

¹⁶⁹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 99 r.: «Mais ie veux bien aduertir le lecteur que les pierres de toutes sortes de trompes sont plus difficiles à tailler que de beaucoup d'autres sortes de traicts, pour autant qu'apres auoir fait vn parement a la pierre pour la doile de dessus, vous pouuez bien trasser son panneau iustement, mais pour les autres, comme pour les panneaux de ioincts, panneaux de teste, & aussi panneaux de doile par le dessus, gardez vous bien de les trasser pour couper la pierre du premier coup, car vous la gasteriez, & ne pourroit plus seruir. Il fault doncques oster vn peu de d'un des ioincts, & puis vn peu du costé de la teste, semblablement du costé de la doile de dessus, & ainsi consequemment vn petit de l'un & petit de l'autre, & non point tout à vn coup, mais couppant si dextrement le tout que vous puissiez armer vostre pierre de panneaux tout autour qui se rapportent iustement & se touchent l'un l'autre par toutes leurs extremitez, tant que par les ioincts que par les doiles & par le deuant, ou est le panneau de teste, car si vous n'y preniez garde, vostre pierre seroit incontinent gastée, & ne pourroit seruir». V. también Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, pp. 206-207; «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, pp. 276-277.

¹⁷⁰ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie* t. I, p. 372: «Trois Angles Plans, qui forment un Angle solide étant donnez, trouver les Angles d'Inclinaison de ces Plans entr'eux / Ou en termes de l'Art pour la Coupe des Pierres / Trois Panneaux étant donnez trouver les Biveaux de leurs assemblages».

¹⁷¹ V. p. 76 del Tomo II.

dovelas mediante una pieza, probablemente una regla-cercha, que se va desplazando manteniéndose perpendicular al eje del cilindro de intradós, y no paralela a la testa como recomendaba Vandelvira. Esta operación parece ser sólo de acabado: se realiza después de labrar las testas y su finalidad es ante todo *afondar* la dovela. El mismo procedimiento encontramos en el *Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por cara*, el *Arco en torre cavada contra cuadrado en viaje por cara*, el *Arco en torre cavada contra torre redonda en viaje por cara*.¹⁷²

En el *Capialzado desquijado en cercha por la cara*,¹⁷³ que más que una verdadera traza es un procedimiento para dar forma cóncava a los intradoses de diversos capialzados, Aranda nos explica con todo detalle que la sagita de la curva que ha de servir de cercha será de un sexto de la flecha, aunque esta regla no es invariable:

labrados los lechos les robarás las caras en cercha sacando las cerchas de esta manera supongo que quieres sacar la cercha E repartirás el largo de la cara de la planta por lecho F desde el punto 1 al punto 2 en seis partes en más u menos y una de estas partes desviarás en ángulo recto por la mitad de la dicha cara desde el punto 3 al punto 4 y con la circunferencia extendida E cogerás los dichos tres puntos 1 4 2 y esta será la cercha que ha de tener por la cara la dicha planta por lecho F y de esta manera se han de sacar todas las demas cerchas para las caras de las dichas plantas por lechos

Este trabajo de *afondar* la dovela no se puede hacer de cualquier manera, pues de él depende la forma de la superficie de intradós; en el *Arco capialzado viaje por testa*¹⁷⁴ nos dice Aranda *labra los bolsores por una parte y otra con la forma que tuvieren los bolsores de los arcos A C y de unas testas a otras las labrarás a regla plantando la regla de cuadrado que vengán a quedar por las caras engauchidos*. Es decir, después de labrar las testas se ha de materializar la superficie de intradós con ayuda de una regla que se mueve en un plano vertical perpendicular a las testas, apoyándose en las aristas de éstas. El resultado es una superficie reglada no desarrollable o *engauchida*, como reconoce inmediatamente Aranda. Los mismos comentarios se repiten en el *Arco capialzado viaje por cara*.¹⁷⁵

12

Labra de caras desarrollables

Como decíamos más arriba, para que la labra *por plantas al justo* sea exacta es imprescindible que **todos los puntos que pretendemos representar con la plantilla sean coplanares**. Evidentemente es imposible que una plantilla rígida coincida en todos sus puntos con una cara de intradós, que será cilíndrica, cónica o una

¹⁷² V. pp. 92, 100 y 108 del Tomo II.

¹⁷³ V. p. 99 del Tomo III.

¹⁷⁴ V. p. 132 del Tomo II.

¹⁷⁵ V. p. 135 del Tomo II.

superficie cualquiera, pero nunca plana, salvo en unos pocos capitalizados; lo que se intenta es obtener una plantilla cuyos cuatro vértices representen los cuatro vértices de la cara de intradós.

La situación se complica cuando se trata de abrir arcos en muros de paramentos curvos, pues entonces se intenta que uno o dos lados de la *planta por cara* reflejen la curvatura del muro. Esto se intenta hacer obteniendo el punto medio del lado de testa de la cara de intradós de la dovela. Pero a causa de la curvatura de la rosca del arco, ese punto sí que no es coplanar con los otros cuatro vértices, que son los representados en la «planta por cara». Ante este problema, caben dos estrategias.

Vandelvira nos ofrece en su «Arco en torre cavada»¹⁷⁶ la solución *por plantas* del mismo problema que ya vimos resuelto en el «Arco torre cavado y redondo por robos».¹⁷⁷ Como veíamos allí, se trata de un arco abierto en un muro en el que los dos paramentos son cilíndricos, uno convexo y otro cóncavo. Por ello, aunque Vandelvira denomina a esta figura *Arco en torre cavada*, Palacios añade muy adecuadamente en su comentario que también es en torre *redonda*.¹⁷⁸

Como no tenemos una testa recta a partir de la cual realizar las construcciones, habremos de trazar en primer lugar la proyección de una testa sobre un plano perpendicular al eje del arco o, lo que es lo mismo, una sección recta del arco. Partiendo de este *juzgo* obtendremos las *plantas* y las *saltarreglas* como en otras trazas resueltas por saltarreglas, baiveles y plantillas,¹⁷⁹ abatiendo la junta de intradós superior con charnela en la inferior para construir así el lado superior de la *planta por cara*, por ejemplo B; a continuación llevaremos los extremos de esta junta desde su proyección horizontal a su abatimiento para tenerlo en verdadera magnitud.

Hasta aquí, el procedimiento no se diferencia del que seguíamos en el *Viaje por testa*; pero al contrario de lo que pasaba allí, no podemos tomar sin más el cuadrilátero obtenido como *planta por cara* pues los dos lados de testa no son rectos sino curvos ya que están situados en una superficie cilíndrica y no son paralelos a las generatrices. Por tanto, para trazarlo con exactitud será necesario fijar un punto intermedio, usualmente el punto medio del segmento .

Para ello Vandelvira construye este punto medio del arco intersección del cilindro del paramento con el cilindro de intradós, como ha abatido su extremo ,

¹⁷⁶ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 22 r.

¹⁷⁷ V. p. 219 y ss.

¹⁷⁸ José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 60.

¹⁷⁹ V. p. 235.

y trasladándolo perpendicularmente a las generatrices desde la proyección al abatimiento. Esta operación aparentemente inocente le hace obtener un resultado opuesto al que quería obtener, pues obtiene lados convexos en las *plantas por cara* construidas para arcos abiertos en paramentos cóncavos y viceversa [151]; evidentemente esto es incorrecto porque cualquier sección de una superficie cóncava por el plano de la *planta* será cóncava, y cualquier sección plana de una superficie convexa será convexa.

No cabe pensar en un error de copia, pues el dibujo y el texto son claros:

Dirás ahora cómo, siendo el arco torre cavado y torre redonda, las plantas van al contrario que las primeras, van redondas a la parte del torre cavo y a la parte del torre redondo van cavadas, a lo cual has de saber que el mucho capialzo que las primeras capialzan les hace hacer este efecto, como parece en las pechinas torre cavada y si lo quieres probar contrahaz un arco de estos por robos, como te enseñaré adelante y luego planta estas plantas y harás la prueba ser estas ciertas.¹⁸⁰

Aranda opta por un camino completamente distinto, pues intenta obtener, no el punto medio del lado de testa de la cara de intradós, sino su proyección sobre el plano de la *planta por cara*. El procedimiento es básicamente el mismo que emplea Alonso de Vandelvira: traza en primer lugar la proyección de una testa sobre un plano perpendicular al eje del arco o, lo que es lo mismo, una sección recta del arco. Partiendo de este *juzgo* obtiene las *plantas por cara y por lecho* como Vandelvira, abatiendo la junta de intradós superior y construyendo así un lado de la *planta por cara*; después lleva un vértice de esta *planta* desde su proyección horizontal a su abatimiento para tener la *planta* en verdadera magnitud.

Sin embargo, resuelve de una forma bien distinta el problema de la curvatura de los lados de testa de las *plantas*. En lugar de abatir su punto medio, lo que hace es tomar la posición relativa de la proyección de este punto medio respecto a la circunferencia del paramento y llevar esta distancia a su abatimiento para tener el punto intermedio y poder trazar con tres puntos el lado de testa de la *planta por cara* como si fuese un arco de círculo.

En realidad se trata de una curva de cuarto grado, de la misma naturaleza que el luneto cilíndrico recto, puesto que es la intersección de dos cilindros perpendiculares. Ahora bien, hay que tener en cuenta que lo que Aranda busca no es el desarrollo de la cara de intradós¹⁸¹ sino su proyección en un plano que le

¹⁸⁰ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 22 r.

¹⁸¹ V. Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 4. En la *Difinition quarta* de la primera parte de su manuscrito, Aranda se plantea el problema de proyectar un arco de medio punto sobre un cilindro de eje vertical; lo resuelve bajando las juntas entre dovelas al plano de impostas, llevándolas en planta paralelamente al eje del cilindro del intradós hasta intersectar con el paramento del arco que quiere desarrollar y a partir de allí vuelve a levantar las juntas entre dovelas con las distancias que determina su intersección con el paramento y sobre esas líneas verticales levanta las cotas sobre el plano de impostas

permita labrar la dovela sin derroche de trabajo y material, en este caso el definido por sus cuatro vértices, y la proyección de este luneto en tal plano es una elipse.

Resulta muy interesante comparar este procedimiento con el que emplea Vandelvira, que nos dice en su *Arco en torre cavada* que «por ser en cercha es menester echar los medios de las dovelas con sus plomos para que vayan aduclidas las plantas y saltarreglas».¹⁸² Por tanto, está planteando un procedimiento más directo que el de Aranda pero más laborioso en la práctica, que consiste no en hallar la distancia del lado curvo de la «planta» al paramento, sino en olvidarse del paramento y obtener directamente la posición del punto medio del lado curvo de la «planta» por el mismo procedimiento de abatimiento y traslación por el que hemos obtenido el extremo de este lado.¹⁸³

Esta diferencia es reveladora. Vandelvira intenta obtener la curvatura de la testa de la «planta por cara» construyendo el punto que corresponde en la «planta» al punto medio del lado de testa de la cara de intradós de la dovela. Pero esto es imposible porque a causa de la curvatura de la rosca del arco, ese punto no es coplanar con los otros cuatro vértices, es decir, no está contenido en el plano de la «planta por cara». El resultado es, no ya erróneo, sino contraproducente, pues ofrece una curvatura inversa a la real, salvo que se empleen las plantillas dobladas de De

tomadas del arco original para obtener el arco desarrollado. La construcción es inexacta, porque toma las longitudes de las cuerdas en el arco transformado y no las longitudes de los arcos; en realidad Martínez de Aranda no está desarrollando el arco real contenido en el cilindro vertical que define el paramento, sino uno imaginario contenido en la superficie poliédrica inscrita en este cilindro. Es fácil comprender por qué Martínez de Aranda procede así: desarrolla el arco ante todo para labrar las testas de las dovelas con auxilio de una plantilla rígida; el desarrollo de la superficie poliédrica inscrita le permite desbistar una superficie plana, fijar fácil y exactamente los cuatro ángulos de la testa sobre esta superficie plana y comenzar así la labra de la dovela.

¹⁸² Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 21 v.

¹⁸³ Este procedimiento admite dos interpretaciones. Una es construir el abatimiento del punto medio del tramo de arco correspondiente a cada dovela y otra construir el abatimiento del punto medio del segmento que une los dos extremos del tramo de arco de la dovela. El dibujo de Vandelvira no es concluyente; parece que se baja el punto medio del tramo de arco, pero no está claro si se baja para construir la *planta* o la «cimbria». Palacios adopta en su dibujo esta interpretación, que es la literal y la que podría desprenderse del dibujo de Vandelvira. Si realizamos para el mismo arco las tres construcciones, las dos interpretaciones posibles de Vandelvira y la de Aranda, vemos que el procedimiento de Aranda arroja el mismo resultado que el abatimiento del punto medio del segmento lineal que une los dos extremos del tramo de arco de la dovela. Esto tiene una lógica muy clara, pues una vez más la *planta* representa el cuadrilátero formado por los cuatro vértices de la cara de intradós, que es lo que necesitamos para labrar la dovela, y no pretende desarrollar la superficie cilíndrica del intradós. Entonces, ¿qué quiere decir Vandelvira cuando se refiere a «los medios de las dovelas»? ¿está hablando del punto medio del tramo de arco o del punto medio de la cuerda? Con toda probabilidad, está hablando del punto medio del arco, como interpreta Palacios, pues si tomara el punto medio de la cuerda llegaría a los mismos resultados que Aranda, y obtendría «plantas» convexas para las testas convexas y cóncavas para las testas cóncavas. En cambio a Vandelvira le sucede lo contrario, como veremos a continuación.

L'Orme. Mejores resultados se obtendrían olvidándose de la curvatura y trazando simplemente la testa de la «planta» como una recta.¹⁸⁴

Aranda, en cambio, parece consciente de este problema, por lo que intenta obtener, no el punto medio del lado de testa de la cara de intradós, sino su proyección sobre el plano de la «planta por cara». Esta solución es aproximada, entre otras cosas porque esta trazando un luneto de cuarto grado como un arco de círculo; pero es una buena aproximación que demuestra mucho sentido del oficio, pues se trata de labrar en primer lugar una cara plana *a regla y borneo*, terminada con la proyección perpendicular del luneto sobre el plano, para después labrar con la ayuda de una escuadra la testa cóncava o convexa y por último *afondar* la dovela para materializar el cilindro de intradós.¹⁸⁵ Es posible que la solución proceda de Cristóbal de Rojas, pues en los arcos «en torre cavado» y «en torre redondo» traza las testas con convexidades y concavidades de sentido correcto y magnitud exagerada, como si quisiera dejar bien claro el problema y el resultado [152]. Pero los «cortes» de la *Teórica y práctica de fortificación* no se explican por escrito y por tanto corresponde a Aranda hacerlo por primera vez.¹⁸⁶

Resulta extraña para un lector de hoy la insistencia de Aranda en ofrecer una y otra vez los mismos «cortes» resueltos tanto *en torre redonda* como *en torre cavada*, y su precisión en algunas trazas como el *Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre cavada* cuando aclara *que vengan a quedar las testas cavadas como parece la planta por cara G*. Esto puede deberse en parte a la clara intención didáctica del manuscrito o incluso, su carácter de prontuario, de manual de aplicación directa en obra. Por otra parte, no es lo mismo colocar una plantilla sobre los cuatro vértices de una superficie cóncava, donde no ha de encontrar obstáculo, que en una convexa, donde es imposible que toque los cuatro vértices al mismo tiempo. Pero también cabe una tercera posibilidad: quizá tanta *torre redonda* o *cavada* respondan a la voluntad de aclarar punto por punto la convexidad o concavidad de

¹⁸⁴ Se puede pensar que Vandelvira esté tratando de reproducir la solución de De L'Orme, que representa una plantilla de intradós **ligeramente más ancha que la cuerda de la dovela**, lo que se puede interpretar a la luz de algunos comentarios de Guarini y Frézier como una plantilla semirrígida que se dobla por la mitad y toca a la cara de intradós no sólo por sus lados largos, sino también por la recta que une por puntos medios de los dos tramos de arco correspondientes a la dovela. Se han reproducido las dos construcciones para los dibujos de los f. 21 v. y 22 r. del manuscrito de la Escuela de Arquitectura del *Libro de trazas de cortes de Piedras*, y en los dos casos el dibujo se acerca más a la solución que proponemos aquí que a la de De L'Orme. En cualquier caso, la diferencia entre las dos soluciones es muy pequeña, sobre todo teniendo en cuenta la escala del dibujo de Sombigo.

¹⁸⁵ V. Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, pp. 309-310.

¹⁸⁶ V. José CALVO LÓPEZ, «Los trazados de cantería en la 'Teórica y práctica de fortificación' de Cristóbal de Rojas», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, p. 72.

Figura 151. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 21 v.

Figura 152. Cristóbal de Rojas, Teórica y práctica de fortificación, f. 100v.

Figura 153. Cuaderno anónimo de arquitectura y cantería, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 12744.

las testas de las plantillas, llevado de un deseo de refutar la solución de De L'Orme y Vandelvira, exponiendo la suya, que probablemente deriva de Cristóbal de Rojas.

En cualquier caso el procedimiento, como otros de Rojas y Aranda, sólo tendría eco dentro de ambientes españoles bastante reducidos. En el mundo francés e italiano se busca la solución por otra vía. Philibert de L'Orme toma como ancho de la plantilla de intradós la cuerda de una dovela, pero el ancho de la plantilla de trasdós es ligeramente superior a la cuerda; la solución denota mucho sentido práctico porque el plano que pasa por las dos juntas de trasdós atraviesa la dovela; si empleamos una plantilla rígida y labramos este plano, *robaremos* demasiado material.¹⁸⁷ Por el contrario, hay que entender la plantilla de trasdós de De L'Orme como una plantilla semirrígida, «de cartón o algo que se pueda doblar», que ayuda en la labra del trasdós. Derand y De La Rue extienden la idea al intradós; sus plantillas tienen de ancho la longitud de una poligonal que toca a la dovela en sus dos extremos y su punto medio.¹⁸⁸ Frente a esta solución, Guarini y Frézier proponen desarrollar el tramo de arco correspondiente a la dovela tomando una a una las cuerdas de pequeñísimas porciones de arco; todo esto conduce al empleo de plantillas flexibles que se han de colocar pegadas al intradós de la dovela una vez labrada y cuyo fin principal es controlar la ejecución.¹⁸⁹

13

Labra de caras alabeadas

Cuando lo que sale fuera del plano no es un lado de la planta, sino uno de sus vértices, el problema es más complejo. Aranda conoce perfectamente la diferencia entre regladas desarrollables y no desarrollables: en «cortes» tales como dos de los *Arcos capialzados*, el *viaje por cara* y el *viaje por testa*, el *Capialzado viaje por testa a regla* o la generalidad de los capialzados *desquijados* nos dice sin dudar que sus *caras*, esto es, sus superficies de intradós, son *engauchidas*, es decir, no desarrollables.¹⁹⁰ A pesar de esto, construye tranquilamente sus *plantas por cara*.

¹⁸⁷ V. Carlos GORDO MURILLO, *Bóvedas oblicuas en cantería*, p. 16.

¹⁸⁸ P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 172-175; Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, p. 8.

¹⁸⁹ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. III, p. 43.

¹⁹⁰ Cf. P. François DERAND, *L'Architecture des voutes ...*, p. 5: «Vne pierre est dite gauche, quand estant regardée sur vn de ses costez, les deux pointes des angles opposez diagonalement l'vn a l'autre sur vn mesme lit ou parement, paroissent plus eleuées l'une que l'autre, comme il se voit és ailes des moulins à vent. Et dégauchir vne pierre, c'est la faire telle que nous venons de la descrire, & luy donner vn lit ou parement tellement disposé que les extremités des angles opposez diagonalement l'vn a l'autre, paroissent à l'oeil [...] plus eleuées l'une que l'autre [este alabeo] resulte de la coupe de la pierre, faite suivant certains traits et repaires, que les panneaux, les cherches et les bueaux y produissent en certains ouueures».

En una primera lectura entenderíamos que estas *plantas por cara* son simplemente erróneas, que los conocimientos geométricos de Aranda no le permiten diferenciar entre cuadriláteros planos y alabeados; pero ya vemos que el manuscrito se encarga de desmentir esta simplificación.

Se puede plantear como hipótesis que las plantillas «bailan» alrededor de una diagonal, esto es, que se labra primero el plano definido por tres vértices, dando forma al triángulo formado por dos lados y una diagonal de la *planta*; y después se labra el triángulo delimitado por la diagonal y los otros dos lados, que está contenido en el plano que pasa por los dos extremos de la diagonal y el cuarto vértice. Así, las plantillas de caras alabeadas de Aranda representarían en realidad la proyección de la cara sobre el plano definido por tres de sus cuatro vértices; la cuña que separa a este plano del cuarto vértice se *roba* al mismo tiempo que se *afonda* la dovela para dar forma a la cara de intradós. La hipótesis tiene como primera ventaja que el método es una derivación natural del que hemos visto más arriba para labrar la cara de intradós de los arcos *en torre cavada*. Otro indicio lo ofrece el *Arco abocinado en torre redonda*: ¿porqué remarcar aquí, y sólo aquí, que se *afonda* la dovela cuando la operación se realiza en todos los arcos?¹⁹¹ Una posible explicación es que al mismo tiempo que se *afonda* la dovela desaparece la cuña que separa al cuarto vértice del plano definido por los otros tres.

Sin embargo, la mejor prueba la ofrece el propio manuscrito, que describe sumariamente el procedimiento en el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*.¹⁹² Allí se construyen, básicamente por proyecciones, *plantas por lecho y por cara* que tocan a las respectivas superficies de lecho y de intradós en tres puntos. La talla de la dovela comienza labrando *las caras a regla y borneo cortándolas de cuadrado con la forma que tuvieren sus caras*; a continuación se labran las caras de lecho y se coloca sobre ambas caras de lecho la planta que corresponde a la cara más baja; después se labran las testas dándoles forma esférica o *en vuelta de horno* y se les *plantan los cuadrados extendidos*, es decir, una proyección aproximada de la envolvente de la testa de la dovela sobre la superficie esférica; queda claro de esta operación que uno de los vértices de la *planta por cara* queda fuera del plano de los otros tres. Sólo entonces se labra la dovela *por robos* materializando el intradós y las dos caras de lecho. El procedimiento se repite, con ligeras variaciones que dependen del paralelismo o convergencia de la proyección horizontal de las juntas de intradós, en los seis capialzados *en vuelta de horno* o *avanzados*.¹⁹³ Si bien se mira, la técnica tiene mucho en común con *trazas* como el *Arco por arista en la cara*

¹⁹¹ V. p. ej., AA. VV., *Guía práctica de la cantería*, p. 199, para el arco de medio punto.

¹⁹² V. p. 141 del Tomo III.

¹⁹³ V. pp. 140 del Tomo II.

Figura 154. Amedée-Louis Frézier, *Traité de stéréotomie*, t. II, pl. 28.

Figura 155. Libro del maestro WG, f.151.

y el *Arco por arista en la cara en viaje*,¹⁹⁴ pero el contacto de la *planta por cara* con la pieza final aquí es más estrecho, pues la toca en tres y no en dos vértices.

Puede sin embargo pensarse que el procedimiento se aplica exclusivamente a estos seis capialzados, y que no existen pruebas de su empleo en las numerosas trazas en las que Aranda aplica plantillas a superficies alabeadas. Para demostrar que el método se aplicaba a principios del siglo XVIII a otro tipo de *trazas*, podemos estudiar una figura del manuscrito inédito de Juan de Portor y Castro cuyo título expresa bien a las claras el problema: «Capialzado engauchido por plantas» [156].¹⁹⁵

Se trata de un correlato del *Capialzado desquijado cuadrado* de Aranda¹⁹⁶ Se ha de trazar un arco escarzano y un dintel, repartiendo ambos en un número igual de dovelas y trazando sus *tiranteces* con la misma inclinación en el arco y en el dintel. A continuación se obtienen las *plantas por lechos* por «la regla de capialzos que has usado hasta aquí», que es la misma de Aranda, basada en triangulaciones.

Veamos cómo se labra, no el salmer que es una pieza singular y más sencilla, sino la dovela general. Portor da por supuesto que en primer lugar se labra una cara del bloque hasta obtener una superficie plana y que sobre ella se lleva la *planta por cara* por medio de un trazador o de almagre, como en todas las trazas *por plantas*. Después de esto «lo primero le harás el lecho bajo del plomo G atendiendo a la tirantez que tiene», es decir, al ángulo que forma la cara de lecho con el plano de la planta por cara, que supone igual al que forma la *tirantez* con la cuerda del arco de testa de la dovela. Materializado así el plano de lecho, se lleva sobre él la *planta por lecho*, que no es una plantilla completa, pero sí algo más que una saltarregla esquemática, pues consta de tres ramas, una correspondiente a la testa, otra al intradós y otra a la franja plana que ha de recibir la carpintería, que Portor denomina «patilla» y corresponde al *batiente* de Aranda.

Ahora viene el punto clave: «por la patilla meterás la saltarregla que causan las otras dos líneas M E y trazarás las otras dos líneas de la patilla B O» Es decir, se labra el plano del *batiente* tomando como condición el ángulo entre el dintel y su *tirantez*. Si los cuatro vértices de la cara de intradós fueran coplanares, sería innecesario echar mano de la *saltarregla* pues el dintel está definido en la *planta por cara* y su *tirantez* en la *planta por lecho*; pero precisamente porque no lo son, el otro extremo del dintel está por debajo de la *planta por cara* y es necesario recurrir al transportador para situarlo. Una vez trazada la planta del *batiente* se puede ir

¹⁹⁴ V. p. 230 y ss. del Tomo I y 138-142 del Tomo II.

¹⁹⁵ Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708 (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114, f. 37 v. según la numeración superior)

¹⁹⁶ V. Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 148, y p. 62 del Tomo III de este trabajo.

dando forma a la cara de intradós; la franja próxima a la testa en arco se labra para darle forma curva con un baivel, siempre en un plano perpendicular a los lados de la *planta por cara*. Obtenida así la franja de la *cara* próxima a la testa, se puede continuar con su labra, pero será más preciso labrar la otra cara de lecho, *plantarle* su plantilla y después terminar de labrar la cara con ayuda de una regla que apoyará en la testa en arco y en el lado interior de la «patilla».

Así, el ejemplo de Portor refuerza nuestra hipótesis: las plantillas de caras alabeadas de Portor, y del mismo modo las de Aranda, no son una construcción aproximada, torpe ni errónea, sino que representan la proyección de la cara sobre el plano definido por tres de sus vértices; la cuña que separa a este plano del cuarto vértice se *roba* al mismo tiempo que se *afonda* la dovela para dar forma a la cara de intradós, con ayuda de una regla que materializa la superficie reglada; el método para hacer esto tiene claros puntos de contacto con el que emplea Aranda en varias *trazas*, como los *arcos por arista* y muy especialmente los capialzados *en vuelta de horno y avanzados*.

Otra cosa es cuál sea esa proyección; todo parece indicar que Aranda estaba haciendo tanteos y no había encontrado una solución definitiva. A lo largo de los *Cerramientos* encontramos en varias ocasiones un procedimiento según el cual se abate una de estas caras alabeadas alrededor de uno de sus lados largos; como dos vértices están en el lado largo, no se moverán; podemos determinar el tercer vértice teniendo en cuenta que se mueve en un plano perpendicular a la charnela y tomando su distancia al primer vértice del alzado. No podemos emplear el mismo procedimiento para el cuarto vértice, porque al no ser coplanar con los otros tres, cuando el tercero llegue al plano horizontal, el cuarto no habrá llegado todavía, o lo habrá sobrepasado. Pero sí podemos construirlo sin más que tomar sus distancias al segundo y tercer vértice. Esto equivale a proyectar el cuarto vértice sobre el plano definido por los otros tres eligiendo el centro de proyección de tal manera que se conserven las longitudes de los dos lados que convergen en el cuarto vértice. La plantilla obtenida de esta manera representa en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara de intradós; una diagonal, la que une los vértices segundo y tercero, que se conserva en verdadera magnitud en el abatimiento; y dos de los ángulos de la cara, los opuestos a la diagonal. Por el contrario, falsea la otra diagonal y los otros dos vértices, pero puede ser un instrumento valioso en la labra, porque permite marcar los tres primeros vértices, labrar el plano que definen, y a renglón seguido, girar la plantilla sobre la diagonal para labrar la otra mitad de la cara y obtener el cuarto vértice.

Decimos que Aranda no había encontrado la solución definitiva porque además de este método, que tiene bastante sentido práctico, emplea otro más discutible. En algunas ocasiones abate por separado los dos lados cortos de la

Capitolo engau chi dog. plankhoff

Figura 156. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de Arquitectura, f. 27 v.

Figura 157 Amed-Louis Frzier, Trait de strotomie, t. II, pl. 28.

planta por cara, con lo que obtiene una plantilla que representa en verdadera magnitud tres de los lados y dos diagonales, pero falsea el cuarto lado de la *cara*.

Frézier redescubre las plantillas rígidas para caras alabeadas, con toda probabilidad sin conocer los manuscritos de Martínez de Aranda y Portor y Castro, al igual que sucede con otros temas de la cantería española del Renacimiento.¹⁹⁷ El primer paso de su método es imaginar un plano que pase por tres vértices de la cara de intradós de la dovela, como Aranda y Portor; para explicar esta noción nos dice que:

las superficies de más de tres lados pueden tener sus ángulos en planos diferentes, porque se pueden dividir en triángulos; así una plantilla de intradós de cuatro lados puede ser dividida en dos triángulos [...] una teja hueca, siendo de curvatura cónica, se adapta bien a una plancha de forma que la toquen sus cuatro ángulos [...] No pasa lo mismo en una porción de capialzado de Marsella o de San Antonio, etcétera, una dovela puesta sobre una plancha sólo la tocará por tres ángulos, y el cuarto estará en el aire.¹⁹⁸

pero sin embargo, no emplea la idea de doblar por o girar la plantilla alrededor de la diagonal, que podría deducirse de la división en dos triángulos, sino la de proyectar el cuarto vértice sobre el plano definido por los otros tres [157], puesto que considera que «no se pueden conocer las superficies [regladas alabeadas] si no es por sus distancias a superficies planas, midiendo las longitudes de líneas perpendiculares a este plano».¹⁹⁹

Esto le lleva a proponer un sistema de labra diferente del de Aranda y Portor: después de marcar sobre una cara plana la plantilla de intradós, se labra la cara de testa a escuadra, se traza sobre ella la junta de testa con ayuda de la *saltarregla*, y se marca sobre esta junta la distancia del cuarto vértice al plano de la plantilla, tras lo cual se puede dar forma al plano de lecho, marcar la curva de la testa y materializar el intradós con ayuda de la regla, llegando hasta dividir las dos aristas sobre las que apoya la regla en partes iguales para asegurar la correcta ejecución.²⁰⁰

¹⁹⁷ V. p. 54 y ss., y 76 y ss del Tomo II.

¹⁹⁸ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, p. 311: «les surfaces de plus de trois côtes peuvent avoir leurs angles en différents plans; puisqu'elles peuvent être divisées en triangles; ainsi une Dole plate de quatre côtes peut être divisée en deux triangles [...] une tuile creuse, quoique d'une courbure Conique, s'adapte si bien sur une planche que ses quatre angles la touchent [...] Il n'en est pas de même d'une portion d'Arrière-Voussure de Marseille ou de Saint-Antoine, &c. un voussoir posé sur une planche ne la touchera que par trois de ces angles, & le quatrième restera en l'air».

¹⁹⁹ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, pp. 310-311: «on ne peut connaître les surfaces courbes, qui ne sont pas régulières, que par leurs distances à des surfaces planes, en mesurant les longueurs des lignes perpendiculaires à ce plan».

²⁰⁰ Amédée-François FRÉZIER, *ibid.*, t. II, pp. 36-37, 445-446. Es de señalar que el planteamiento teórico del tomo I, p. 310-311, según el cual el cuarto vértice se medía sobre una perpendicular al plano definido por los otros tres, se flexibiliza en la exposición del tomo II, p. 445, pues la junta de testa está en un plano

Resumiendo lo expuesto en este apartado, es posible que se emplearan en la Baja Edad Media plantillas flexibles dobladas;²⁰¹ en cualquier caso, en el siglo XVI aparecen dos soluciones que pueden relacionarse con este principio: las plantillas que emplean Philibert de L'Orme y De La Rue en arcos abiertos en muros de paramentos curvos parecen destinadas a emplearse dobladas a lo largo de una línea paralela a las juntas de trasdós de la dovela o de una generatriz del cilindro de intradós, la que une los puntos medios de los lados cortos de la plantilla; por el contrario, las de Aranda y Portor se doblan o giran alrededor de una diagonal. En el siglo XVII Guarini pasa de las plantillas dobladas por la mitad de De L'Orme a plantillas que recubren el intradós de la pieza, es decir, que se obtienen como desarrollo de la superficie de intradós. En la centuria siguiente será Frézier el que vuelva a reunir las dos vías, con toda probabilidad sin conocer la tradición española y quizá tampoco la obra de Guarini, que se publicó precisamente por aquellos años; de tal manera empleará plantillas pegadas al intradós para superficies desarrollables y, cuando no pueda evitarlo, plantillas rígidas para labrar superficies alabeadas.²⁰²

14

La evolución de los métodos de traza y labra

Interesa recapitular aquí los seis apartados precedentes para ofrecer una visión de conjunto de la evolución de los métodos de traza y labra en la cantería española del Renacimiento. En el *Libro de arquitectura* de Hernán Ruiz, el método de labra

perpendicular a la plantilla, que se labra a «retour d'équerre» pero es oblicua a ésta, pues se marca con ayuda de la «fausse équerre». V. también Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, pp. 522-523.

²⁰¹ No disponemos de pruebas terminantes de esto, pero sí de indicios en una especie de muestrario o «portfolio», probablemente destinado a atraer clientela, de un arquitecto medieval, el *Libro del maestro WG*, 1572 (Ed. facsímil en François BUCHER, *Architector. The Lodge Books and Sketchbooks of Medieval Architects*, Nueva York, Abaris, 1979), que incluye un buen número de modelos de bóvedas con los nervios recortados en una hoja de papel que presentan incisiones en los ejes de los nervios. Se puede pensar que estas incisiones estaban destinadas a permitir el doblado de la hoja por los ejes de los nervios, como sugiere François BUCHER, «Design in Gothic Architecture. A preliminary assessment», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1968, pp. 66-68, y *Architector*, p. 198, pero esto no se puede asegurar de forma concluyente porque se plantean problemas geométricos para realizar esta operación si se pretende darle a la hoja doblada una forma más compleja que la del simple cilindro, que es lo que prudentemente propone Bucher, y porque incluso en el caso del cilindro las rectas se convertirían en hélices al doblar la plantilla, en contra de la práctica generalizada de la construcción gótica, como reconoce el propio Bucher; es decir, de ser cierta la hipótesis, las hojas dobladas darían una imagen muy poco fiel de la bóveda, pero quizá suficiente para impresionar a un lego, como supone Bucher. V. también Roland RECHT, *Le dessin d'architecture*, pp. 106-107, y José Antonio RUIZ DE LA ROSA, «El método de la cuadratura. Apreciaciones geométricas sobre el gótico», *Periferia*, 1987, p. 67.

²⁰² Guarino GUARINI, *Architettura Civile*, trat. IV, cap. III, obs. 2: «misurandolo con parti piccole al possibile»; Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. III, p. 43.

predominante y casi exclusivo era el denominado por Vandelvira y Aranda *por robos*. Su esencia está en lo que hoy llamaríamos proyecciones ortogonales. Para ponerlo en práctica, el cantero traza la planta del arco o bóveda, comúnmente a tamaño natural en el suelo y a veces debajo del lugar donde se ha de ejecutar la obra. A continuación construye un alzado, o, para ser más preciso, el abatimiento del plano de una de las testas de la pieza o más raramente, de una sección. Repartido el dovelaje de la forma más conveniente, normalmente de forma que las caras de lecho queden incluidas en planos de canto, se procede a inscribir cada dovela, en planta y en alzado, en rectángulos de base horizontal y lados paralelos y perpendiculares a la testa o sección del arco o bóveda, teniendo en cuenta que casi siempre contaremos con una testa plana. Estos rectángulos representan el sólido capaz o bloque que habremos de desbastar, midiendo sus tres dimensiones en la planta y el alzado, para después extraer de él la dovela. Esta última fase se comienza en general por las testas pues salvo algún caso aislado,²⁰³ siempre habrá una testa plana que será la que hayamos tomado como referencia en el trazado. Una vez labrados los planos de testa, podemos representar la silueta de la testa de la dovela sobre uno de ellos, operación que todavía en nuestros días se hace con pluma de ganso y almagre. Si hemos conseguido que los planos de lecho sean planos de canto, será fácil labrarlos con ayuda de una escuadra que se apoya en la testa; de ahí el «équarrissement» francés equivalente a nuestros *robos*. Si los planos de lecho no son planos de canto, será preciso representar las dos testas y ayudarse con una regla. Una vez labrados los planos de lecho, se aborda la labra de las superficies de intradós y trasdós. En general, la superficie de trasdós apenas es mencionada en los manuscritos de Aranda y Vandelvira, sin duda porque al quedar oculta en la fábrica simplemente se desbastaba y no se labraba con precisión.²⁰⁴ En cambio, la superficie de intradós recibía la labra más esmerada al quedar vista; el procedimiento era el mismo que en los planos de lecho, labrándola con una escuadra si era normal a las testas o con una regla si era oblicua; la única diferencia era que primero se alcanzaba el plano definido casi siempre por los cuatro vértices labrando la dovela *a regla y borneo*, esto es, con ayuda de la vista del cantero, instrumento esencial en cantería aún hoy, y de una regla y después se iba *afondando* la dovela, también con ayuda de una regla pues en muchos casos las superficies de intradós son regladas.

Este procedimiento, simple y eficaz, tenía sin embargo un inconveniente: si el sólido capaz se separaba apreciablemente de la forma de la dovela, su volumen

²⁰³ V. p. ej. Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 24 v. de la numeración original, ofrecida por Barbé entre paréntesis redondos.

²⁰⁴ V. BAILS, Benito, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, p. 429, y José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 27.

podía superar en tres, cuatro o cinco veces al de la dovela, y como consecuencia la mayor parte del bloque se desperdiciaba, el trabajo de labra era desproporcionado y los medios de transporte se volvían insuficientes, retrasando el ritmo de las obras. Esto se evita en algunas variantes del método *por robos*, la primera de ellas la que hemos denominado *por robos y saltarreglas*. La idea central de estas variantes es obtener la dovela partiendo de un sólido capaz o bloque formado, no por un paralelepípedo de caras horizontales y paralelas o perpendiculares a los planos de testa, sino por un prisma mixtilíneo lo mejor adaptado posible a la proyección en alzado de la dovela. Al adaptarse el sólido capaz a la dovela se reducía la diferencia de volumen entre los dos y con ella todos los efectos negativos de la labra *por robos*. Conforme se iba aplicando el método, se debió de ver que se ganaba en precisión si además de trazar las testas en sus caras, se trazaba sobre la cara de lecho una línea, la *saltarregla* que representara la arista inferior de la cara de lecho.

Veamos cómo se aplicaba este método en la práctica. Como en el caso anterior el cantero traza la planta y el alzado del arco o bóveda; repartido el dovelaje, si es posible colocando las caras de lecho en planos de canto, se traza una envolvente mixtilínea de cada dovela en alzado y planta. A continuación se abate la arista inferior de la cara de lecho sobre la planta para conocer el ángulo que forma con la recta de punta que pasa por uno de sus extremos. Conocido este ángulo tenemos definida la *saltarregla*, y de ahí el término, pues *saltarregla* tiene el sentido de «ángulo».²⁰⁵ Terminado el trazado desbastaremos el prisma mixtilíneo y, casi al mismo tiempo, labraremos las caras de testa, y las de lecho, que son perpendiculares a las de testa; después trazaremos con almagre sobre las caras de lecho las *saltarreglas* y sobre las caras de testa la silueta de la testa, con lo cual tendremos definidas las cuatro aristas de la cara de intradós y podremos labrarla con toda precisión; en cuanto al trasdós, un cantero del siglo XVI se contentaría con desbastarlo.

Conforme se va aplicando este método a casos más complejos la humilde *saltarregla* se hace más compleja, pasando de tener una línea a tener dos, a tener cuatro, cinco incluso, transformándose en una verdadera plantilla o *planta* en el lenguaje de la época, obtenida por abatimientos. Así de un sistema basado en proyecciones se pasa a un método mixto que pone en juego proyecciones y abatimientos y que hemos denominado *por plantas y robos*. En un ejemplo característico, el *Arco por arista en la cara en viaje* de Martínez de Aranda, la dovela tiene una forma compleja y no se puede repartir el dovelaje en planos de canto. Se trazan como siempre planta y alzado, y por una serie de abatimientos se obtienen las *plantas por cara y por lecho* del sólido capaz, esto es, las plantillas que

²⁰⁵V. p. 239.

representan en verdadera magnitud las caras de lecho y de intradós del sólido capaz; la de lecho o *planta por lecho* incluye las *saltrarreglas* o aristas necesarias para quitar dos cuñas de la cara de intradós una vez obtenido el sólido capaz y darle la forma definitiva a la dovela materializando la *arista* que ocupa el centro del intradós. Un procedimiento similar se usa en los capialzados de la familia del *Capialzado desquijado con sus despiezos* de Martínez de Aranda,²⁰⁶ y en el capialzado del folio 47 r. de Hernán Ruiz.

El maestro cordobés conoce el «bayvel» y la *saltrarregla*, pero no sabemos si los empleaba para resolver el problema del despiece de elementos constructivos de cantería; quizá por eso no llega a dar el paso decisivo: olvidarse de proyecciones y sólido capaz y labrar las dovelas directamente por medio de *plantas* obtenidas por abatimientos. En algunos de los cortes más complejos de Vandelvira o de Aranda²⁰⁷ no se representan las *plantas por lecho* completas, sino dos segmentos a los que Vandelvira denomina *saltrarreglas*. No son exactamente las *saltrarreglas* que antes veíamos usar a Aranda, pues éstas representan la intersección de la cara de lecho con la cara de intradós, y las de Vandelvira la intersección de la cara de lecho con la cara de testa o *tirantez*. Pero su finalidad es la misma: determinar cuál es el ángulo que forma la cara de intradós con la testa.

Veamos cuáles son los métodos para obtener estas *plantas* y *saltrarreglas*. Trazados planta y alzado como siempre, se procede a obtener las *plantas por cara*, para lo cual hay al menos cuatro procedimientos. El más sencillo es abatir con eje en la junta de intradós inferior, si ésta es una recta de punta; en tal caso se toma la distancia entre las dos juntas de intradós del alzado, se lleva a la planta, se traza la junta de intradós superior abatida y se obtienen sus dos extremos llevándolos desde su proyección a la junta abatida perpendicularmente a la charnela. Por un procedimiento similar se obtienen las *saltrarreglas*. La construcción aparece en *Le premier tome de l'Architecture* y es adoptada por Aranda al pie de la letra.

Pero no siempre serán las cosas tan sencillas; para el caso en que la junta de intradós no es una recta de punta, pero sí es horizontal, Rojas y Aranda generalizan la construcción de De L'Orme; en ese caso los extremos de la junta abatida no estarán en la traza del plano de testa, pero de todas formas se podrán obtener teniendo en cuenta que se desplazan perpendicularmente al eje del abatimiento.

En cambio, si las juntas de intradós no son siquiera horizontales, la construcción de Philibert es inútil y hay que emplear una técnica completamente

²⁰⁶ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl. 152 y ss.

²⁰⁷ Como por ejemplo los arcos *por esquina contra viaje por lado* y *por rincón contra viaje por lado* de Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de monte*, pl.99 a 103.

distinta, como la que usa Vandelvira: obtiene las *plantas* abatidas no en base a las propiedades del giro, sino construyendo en verdadera magnitud sus lados y diagonales. La construcción es geoméricamente exacta, pero tal como la plantea Vandelvira es iterativa, pues cada *planta por cara* se obtiene a partir de la anterior, y se corre el riesgo de ir sumando errores. Aranda utilizará procedimientos basados en diagonales y no iterativos en los capitalizados.²⁰⁸ Aquí en ocasiones se invierte la mecánica y se obtienen primero las *saltarreglas* o las *plantas por lecho* que después ayudan a construir las *plantas por cara*.

Llegados aquí se han explorado a fondo las posibilidades de la labra *por plantas*; tan a fondo que Vandelvira y sobre todo Aranda topan con su límite natural: un procedimiento basado en abatimientos sólo es válido si todos los puntos que se trata de abatir están en el mismo plano. Aranda no se arredra ante la dificultad y se lanza a construir *plantas* rígidas para caras alabeadas. Entre las varias soluciones que tantea, una tiene un notable sentido práctico: obtiene plantillas que representan en verdadera magnitud los cuatro lados y una diagonal de la cara de intradós; aunque falsean irremediabilmente la otra diagonal, estas plantillas son útiles en la labra, pues permiten materializar el plano definido por tres vértices de la cara y después hacer bailar la plantilla sobre la diagonal para obtener el cuarto vértice.

Lo expuesto hasta aquí es un desarrollo lógico de los procedimientos de traza y labra de la cantería renacentista, recorriendo linealmente los estadios intermedios entre el método *por robos* más simple y la utilización completa y exclusiva de *plantas*. Pero no necesariamente el proceso lógico ha de coincidir con el devenir histórico; no podemos asegurar que las cosas hayan sucedido en la secuencia mostrada, al menos mientras no se resuelvan los problemas de autoría, datación y autenticidad del *Libro de trazas de cortes de piedras* y del manuscrito 12.686 de la Biblioteca Nacional de Madrid.²⁰⁹

En primer lugar, tanto los *robos* como las *plantas* tienen un origen medieval indirecto. Las plantillas son esenciales para labrar el nervio gótico, que se forma esencialmente de dovelas de arco de medio punto labradas con ayuda de un «molde»; los alzados necesarios para controlar el proceso se obtienen por abatimientos de un plano vertical sobre otro; los problemas tridimensionales de las piezas de unión como polos y claves también se resuelven por abatimientos, por así decirlo.²¹⁰ Pero no encontramos hasta la obra de Philibert pruebas convincentes del

²⁰⁸ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos*, pl.117 - 208, pássim.

²⁰⁹ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, 1982, p. 167.

²¹⁰ Enrique RABASA DÍAZ, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, p. 146; «Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp. 424, 429.

Figura 158. Villard de Honnecourt, Cuaderno, f. 41.

Figura 159. Eugène Viollet-le-Duc, Dictionnaire raisonné, artículo «Construction».

Figura 160. Auguste Choisy, Histoire de l'Architecture, t. II, pg. 343.

uso de abatimientos para obtener las *plantas*; las plantillas que se usan para la labra del arco gótico o los pináculos de Roriczer son un dato y no un resultado como las plantillas de De L'Orme.²¹¹ Es significativo que las «moles» de Guillermo de Sens y Villard de Honnecourt, las «moldae» de Thomas Canterbury, se transforman en el renacimiento en las «molduras» de los órdenes clásicos o las también clásicas de los arcos de Vandelvira, en las «moules» de las basas de Philibert, mientras que para las plantillas del *arte de la montea* aparecen neologismos como *planta* y «panneau».

Por otra parte, aunque el nervio gótico se labre con ayuda de plantillas, en realidad se parte de una envolvente, un sólido capaz al que se quita material para alcanzar la forma definitiva. Encontramos en el *Album* de Villard de Honnecourt un nervio inscrito en un rectángulo [158]; ya Viollet y Choisy analizaron en este sentido los perfiles de los nervios del primer gótico, siempre inscribibles en un rectángulo o una figura simple [159, 160];²¹² hallamos la confirmación en la *difinition primera* de la segunda parte de Martínez de Aranda, dedicada a los capialzados, que nos enseña a *entrar bolsos en cuadrado y robarlos así por cuadrado como por circunferencia*, es decir, a tomar un nervio de directriz curva y sección rectangular y llevar un perfil de una sección a otra para después *robarlo* quitando material para obtener la forma definitiva.

Así pues, tanto la labra *por robos* como *por plantas al justo* tienen un lejano origen medieval, pero no tenemos evidencias directas de su uso hasta la época de Hernán Ruiz y De L'Orme. Hernán Ruiz emplea casi siempre la labra *por robos*, con una excepción; Philibert presenta el método *por robos* como el más primitivo y antiguo al exponer la *Vis de Saint Gilles*, pero prefiere los «baiveles» a las *plantas*;²¹³ Vandelvira se disculpa cuando resuelve *por robos* una traza que puede resolver *por plantas*; Aranda busca resolver *por plantas* todas las trazas posibles, llegando al límite del procedimiento.

Frente a estos datos, si se confirmara que efectivamente el manuscrito 12.806 data de la primera mitad del quinientos, habría que reconocer que *robos* y *plantas*

²¹¹ V. Paul FRANKL, «The secret of the Medieval Masons», *Art Bulletin*, 1945, pp. 50, 57; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 183; Enrique RABASA DÍAZ, «Arcos esviados y puentes oblicuos. El pretexto de la estereotomía en el siglo XIX», *OP*, 1996, pp. 30-31; *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, pp. 1, 9, 19, 73.

²¹² VILLARD DE HONNOCOURT, *Cuaderno*, lám. 40 según la numeración de Omont; Eugène VIOLLET-LE-DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*, París, 1858-1868 (Tr. esp. del artículo «Construction», de Enrique Rabasa Díaz, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 83-85) y Auguste CHOISY, *Histoire de l'architecture*, t. II, pp. 342-346, 363. V. también Werner MÜLLER, «Le dessin technique a l'époque gothique», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, p. 250 y Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, pg 37-39, 41.

²¹³ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, pp. 90-91; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 190-191.

aparecen en la literatura al mismo tiempo. Incluso si no fuera así, no se puede afirmar que a partir de Philibert se evoluciona limpiamente hacia las *plantas*. Más bien tendríamos que hablar de una serie de pequeños avances y retiradas estratégicas. Se valoran más las *plantas* y los «bayveles» que los *robos*, se buscan métodos cada vez más precisos para fijar la curvatura de los arcos *en torre redonda y torre cavada*, construyendo no sólo las *plantas por cara* y las *plantas por lecho* sino desarrollando las testas, generalizando los procedimientos de De L'Orme, o evitando el problema del *empuje al vacío*. Pero es precisamente la idea obsesiva de precisión la que lleva a recuperar los métodos mixtos entre *robos* y *plantas*, quizá utilizados en la primera mitad del siglo, pues encontramos su reflejo en Hernán Ruiz y Philibert; Aranda parece entender que si algunas *trazas* han de realizarse necesariamente *por robos*, nada impide emplear *saltrarreglas* y plantillas para mejorar la precisión del resultado. Veamos ahora cuáles son los motivos de esa obsesión por la precisión y las *plantas*.

15

Economías en el transporte y precisión en la labra

Es bien conocido el pasaje de la *Historia de la Orden de San Jerónimo* de Fray José de Sigüenza según el cual Herrera trató de imponer en la obra del Escorial una organización en la cual las piedras se labrarían en la cantera y llegarían a obra preparadas para su colocación inmediata.²¹⁴ Pero lo que no se suele poner de relieve al comentar este pasaje tan conocido es que la idea, sin llegar a alcanzar aceptación universal, siguió vigente a lo largo de los siglos XVI y XVII y se aplicó en obras menos excepcionales; la recoge el tratado de Cristóbal de Rojas y aparece en el proceso de Juan Gómez de Mora por presuntos fraudes en las obras del Alcázar de Madrid.²¹⁵

²¹⁴ Fray José de SIGÜENZA, *Historia de la Orden de San Jerónimo*, libro III, discurso IX; Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, pp. 65-67; Luis CERVERA VERA, *Documentos biográficos de Juan de Herrera 1572-81*, Madrid-Zaragoza, Academia de San Fernando - Museo e Instituto Camón Aznar, 1981, p. 269; *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, Valencia, Albatros, 1985, pp. 186-188, 191-193, 218; George Edward KUBLER, *Building the Escorial*, 1982 (Tr. española de Fernando Villaverde, *La obra del Escorial*, Madrid, Alianza, 1983, pp. 50, 63, 115); Catherine WILKINSON, «Proportion in practice: Juan de Herrera's design for the façade of the Basilica of the Escorial», *Art Bulletin*, 1985, pp. 236, 239-240; «Building from drawings at the Escorial», en *Les chantiers de la Renaissance*, pp. 264, 270-73; Geneviève BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, «Progresos de la cantería y nivel científico en España en la época de Juan de Herrera», en *Juan de Herrera y su influencia*, pp. 130-131; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 411-413; «Juan de Herrera y el Escorial», en *Juan de Herrera y su influencia*, pp. 22-23; Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 59.

²¹⁵ John D. HOAG, *Rodrigo Gil de Hontañón*, pp. 58-59; José SIMÓN, «Fraudes en la construcción del antiguo Alcázar madrileño», *Archivo Español de Arte*, 1945, p. 357; Antonio CASASECA CASASECA, *Rodrigo Gil de Hontañón*, p. 202. V. también V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, pp. 39, 123.

El 9 de Enero de 1576, Herrera propuso labrar la piedra en cantera dejando un grueso de cordel en las caras vistas, que se labraría con los sillares puestos en obra. Los canteros se opusieron argumentando que se romperían muchas piezas en el transporte, que se incrementarían los gastos, y que se apartaba de la costumbre española. Pero Felipe II vio una oportunidad de ganar tiempo y ahorrar en carretería²¹⁶ y el 8 de Marzo se trasladó a la cantera para examinar la cuestión, a raíz de lo cual se adaptó el sistema de Herrera, y no sin antes «excusar las diferencias que había entre los sacadores y oficiales laborantes en las canteras».²¹⁷

La idea no era completamente nueva. La talla en cantera tiene antecedente medievales además de los griegos y romanos esgrimidos por Herrera; y era de uso frecuente en Francia.²¹⁸ Los costes de transporte eran un factor económico de gran peso y se intenta reducirlos por todos los medios.²¹⁹ Ya Juan Bautista de Toledo

²¹⁶ Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, p. 44; Luis CERVERA VERA, *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, p. 169; «Desarrollo y organización de las obras del Monasterio de San Lorenzo el Real del Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, pp. 58-60, 62-63; José Luis CANO DE GARDOQUI GARCÍA, «El profesionalismo de los maestros y oficiales de la fábrica del Escorial. La organización de los trabajos», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 31; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 269, 295, 413. Es especialmente interesante el papel que juega en todo este asunto Juan Bautista Cabrera, sobrestante de carretería: v. *ibid.* pp. 433, 436.

²¹⁷ En realidad la razón principal de la oposición de los contratistas parece ser económica, porque se apaga al llegar un acuerdo sobre el abono del trabajo de labra. V. Luis CERVERA VERA, «Desarrollo y organización de las obras del Monasterio de San Lorenzo el Real del Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, p. 62, Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 432 y sobre todo José Luis CANO DE GARDOQUI GARCÍA, «El profesionalismo de los maestros y oficiales de la fábrica del Escorial. La organización de los trabajos», *Juan de Herrera y su influencia*, p. 42.

²¹⁸ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 22, 131 de la ed. de 1973; Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, p. 58 de la ed. de 1980; Francisco Javier JIMENEZ ZORZO, et al., «El Estudio de los signos lapidarios y el Monasterio de Veruela ...», p. 33; Robin F. RHODES, «Rope channels and stone quarrying in the early Corinthia», *American journal of archaeology*, 1987, pp. 549-550; Sheila BONDE, Robert MARK, y Elwin C. ROBINSON, «Walls and other vertical elements», en Robert Mark, ed., *Architectural Technology up to the Scientific Revolution*, Cambridge, Mass., MIT, 1993, p. 75; John FITCHEN, *Building Construction Before Mechanization*, pp. 155-157, 167; John D. HOAG, *Rodrigo Gil de Hontañón*, pp. 58-59; Giorgio GULLINI, «The so-called 'petrification' and the Birth of the Science of Construction in the Greek Architecture», en *Entre mécanique et architecture*, Basel - Boston - Berlin, Birkhäuser Verlag, 1995, p. 45; Antonio CASTRO VILLALBA, *Historia de la construcción medieval. Aportaciones*, Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, 1996, p. 68; Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 15; Catherine GRODECKI, «Les chantiers de la noblesse et de la haute bourgeoisie dans la région parisienne d'après les archives notariales (1540-1600)», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 143; Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, pp. 45, 46 de la ed. de 1993; Luisa TORTOSA ROBLEDO y M^a Carmen VEDREÑO ALBA, «La Capella del Rei Alfons el Magnànim al Monestir de Sant Doménech de València», en *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, pp. 675, 77. Para un caso singular de esta problemática, la del transporte por agua, ver André MUSSAT, «La rivière et la carrière: l'exemple du Pays de Loire», *ibid.*, pp. 11-26.

²¹⁹ Fray José de SIGÜENZA, *Historia de la Orden de San Jerónimo*, libro III, discurso XI; Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, p. 46 de la ed. de 1993; Robert MARK, «Robert Willis, Viollet-Le-Duc and the

había comenzado a poner en práctica el método.²²⁰ En 1574-75, el aparejador Diego de Alcántara preparó unos diagramas en los que se mostraba una «nueva manera de construir» que incluía el acabado de la piedra en la cantera y no en la obra, pero no se ejecutaron más de dos hiladas de uno de los pilares torales.

Según Kubler y Wilkinson, el sistema de Herrera era más ambicioso que el de Toledo, porque con independencia de la cuestión de la labra en cantera, aspiraba a una excepcional precisión en el acabado. Para ello, se trabajaba la piedra en cantera en sus cinco caras ocultas, con especial cuidado en el lecho alto y en el bajo, dejando la cara vista simplemente desbastada, lo que era posible gracias al empleo de plantillas y a la unificación de medidas probablemente impulsada por Herrera;²²¹ a pie de obra el bloque se inspeccionaba para detectar si se había dañado durante el transporte, por último, cuando se terminaba de poner en obra toda una sección importante o un paño de fábrica se pulían las caras visibles de los sillares ya asentados quitándoles el célebre «grueso de cordel» hasta conseguir la unidad de superficies.²²² Este acabado definitivo y sistemático de piezas puestas en obra, aunque aparece en los *Quattro Libri* palladianos, como ha puesto de manifiesto Kubler de manera un tanto confusa, era contrario a la práctica usual, incluso la del Palladio constructor.²²³ Al final del proceso, la única economía estriba en la

Structural Approach to Gothic Architecture», *Architectura*, 1977, pp. 63; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 295; Ana GOY DIZ, *Artistas, talleres e gremios en Galicia*, Santiago de Compostela, Universidad, 1998, p. 124.

²²⁰ George Edward KUBLER, *Building the Escorial*, 1982, p. 115 de la trad. española.

²²¹ José Carlos PALACIOS, «La estereotomía en el Renacimiento. El Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, p. 105; Pedro MARTÍN GÓMEZ, «La evolución y los sistemas en la obra del Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, p. 88.

²²² Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 424, 561.

²²³ Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*, París, B. Bauge, 1854, t. III, pp. 251, 255; t. IX, p. 199; Auguste CHOISY, *Histoire de l'Architecture*, t. II, pp. 142-143, 260. Por el contrario, la labra de piezas colocadas era usual en los escultores; v. Auguste CHOISY, *ibid.*, t. II, p. 356; Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, p. 58 de la ed. de 1980. Sobre Palladio, George KUBLER, *Building the Escorial*, p. 82 de la trad. española, dice: «La práctica introducida en España de desbastar la piedra en las canteras, a imitación de lo que se pensaba que era la costumbre romana y bíblica, se halla sugerida en los *Quattro Libri* [...] si bien en un contexto diferente»; lo que verdaderamente dice Andrea PALLADIO, *I Quattro libri* ..., L. I, f. 14, es: «essi prima squadraano, e lauraano delle pietre quelle faccie solamente che andaano una sopra l'altra lassando le altri parti roze e così le metteuano in opera [...] & in questo modo faceuano tutti gli edificij rozi, o vogliam dire rustichi: & essendo poi quelli finiti, andauano lauorando, e polendo delle petre [...] già messe en opera [...] E'ben vero, che, come le rose, che andauano tra i modiglioni, & altri intagli della cornice, che commodamente non poteuano farsi, essendo le pietre in opera; faceuano mentre che erano ancora in terra». Hay que tener en cuenta que «en opera» quiere decir en este contexto ASENTADAS EN OBRA, como traduce acertadamente Luisa de Aliprandini, y no LLEVADAS A LA OBRA, pues de lo contrario no se comprende por qué había de ser más difícil tallar las cornisas a pie de obra que en la cantera. Por tanto lo que está proponiendo Palladio es terminar de labra la piedra una vez puesta en obra, salvo las cornisas y piezas difíciles, exactamente como se haría en El Escorial

reducción de costes de transporte, puesto que el ahorro obtenido por la labra en cantera no debía de ser mayor que el sobre coste impuesto por el retundido final.

Como señala Wilkinson, la razón de ese proceder era más estética que técnica.²²⁴ Oigamos a Fray José de Sigüenza describir las intenciones de Herrera:

entre otros primores que en ello había, era uno el que el asiento y la junta de estas piedras y por consiguiente la firmeza de la obra sería excelentísima, [...] se asentarían una piedra sobre otra macizamente, sin dejar huecos ni falsías en el asiento, y sería esto causa que se viniese a hacer la fábrica tan una y tan maciza que pareciese de una pieza, y las juntas de fuera muy imperceptibles [...]²²⁵

Todo esto recuerda a De L'Orme y a su obsesión por las «commisures» delgadísimas:

Es necesario sobre todo hacer las juntas lo más pequeñas que se pueda, para no usar grandes cuñas, que son trozos de madera que se colocan entre las juntas. Tampoco es necesario emplear mucho mortero, sino solamente leche, que es la grasa de la cal.²²⁶

pocos años después. V. también José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 16. El precedente palladiano se limita a los *Quattro libri* recién publicados, porque según Howard BURNS, «Building and construction in Palladio's Vicenza», *ibid.*, p. 206, en la basílica de Vicenza, «The blocks were roughed out at the quarry, and then cut out on site».

²²⁴ Catherine WILKINSON, «Proportion in practice: Juan de Herrera's design for the façade of the Basilica of the Escorial», *Art Bulletin*, 1985, pp. 237, 239-240; «Building from drawings at the Escorial», en *Les chantiers de la Renaissance*, p. 272 : «Dressing stone at the quarry may well have been more economical [...] and money and time were two things of intense concern to Philip II who felt himself short of both. But grinding down the surfaces of this enormous building to a pristine smoothness was expensive and time-consuming [...] Its rationale was not practical but aesthetic». V. también sobre la economía del Escorial Juan Antonio RAMÍREZ, «Del valor del templo al coste del libro (Las finanzas de Salomón, el mecenazgo de Felipe II y J. B. Villalpando)», en *Dios Arquitecto*, Madrid, Siruela, 1991.

²²⁵ Fray José de SIGÜENZA, *Historia de la Orden de San Jerónimo*, parte II, discurso IX. V. también *ibid.*, discurso XIII: «Ibase también en este tiempo retundiendo la iglesia y quitándole aquel grueso de cordel [...] para que hiciesen más firmes asientos sobre los lechos y para que la fábrica fuese más una y de más delgadas y finas juntas [...] de tal suerte, que no pareciese todo el templo hecho de diversas piezas, sino que se había acabado dentro de una peña, por la grande uniformidad del color, grano y junta de sus piedras». Los documentos de obra se expresan en términos más prosaicos y castizos pero más precisos: «an de ser labradas las guntas y llechos que no quepa un real de a dos», según las condiciones que da Pedro de Tolosa el 29 de Mayo de 1571 para las cuatro pechinas del zaguán del refectorio, transcritas por Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 221. V. también *ibid.* p. 359, y Elisa BERMEJO, «Bartolomé de Zumbigo, arquitecto del siglo XVII», *Archivo Español de Arte*, 1954, pp. 296-301.

²²⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 109 r.: «Sur tout il fault vser des plus petites commisures qu'on pourra, à fin qu'il n'y faillie de grandes escailles, qui sont morceaux de bois qu'on met entre les ioincts. Il ne fault aussi employer grand mortier, ains seulement les abreuer de laictance, qui est la graisse de la chaux, ressemblant à du laict, dont elle prend le nom». V. también Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, p. 277, y Roberto WEISS, *The Renaissance discovery of classical antiquity*, Oxford, Blackwell, 1973, p. 106. Paralelamente a todo esto, puede pensarse que la obsesión por hacer imperceptibles las juntas deriva de una voluntad de tratar el muro como masa y no como un apilado de piedras individuales. V. Heinrich WÖLFFLIN, *Renaissance und Barock*, Munich, 1888 (Tr. española, *Renacimiento y Barroco*, Madrid, Alberto Corazón, 1977, p. 92).

Los objetivos de Herrera, que no son nuevos ni mucho menos, pueden cifrarse en dos puntos: **reducir los tiempos y costes de labra y transporte** y paralelamente **aumentar la precisión del resultado**;²²⁷ es decir, precisamente las dos ventajas que aporta el método *por plantas al justo* en la labra de dovelas. Esto es lo que justifica, no sólo la extensión de la labra en cantera a obras menos singulares, sino también la obsesión de De L'Orme, Vandelvira y sobre todo Aranda por las *plantas al justo* llegando incluso a forzar su aplicación en un terreno que en principio no es el suyo, el de las piezas con caras alabeadas.²²⁸

²²⁷ V. Catherine WILKINSON, «Proportion in practice: Juan de Herrera's design for the façade of the Basilica of the Escorial», *Art Bulletin*, 1985, p. 235.

²²⁸ V. Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, p. 14, sobre la mayor seguridad y precisión del método *por plantas*: «l'operation étant fondée sur l'etenduë des surfaces, dont on a pû exactement tracer les contours par les regles de l'epure, on y est conduit beaucoup plus sûrement, & par conséquent elle en doit être plus exacte».

Capítulo 6

OTRA LECTURA DE VITRUVIO

Dice Aranda en el prólogo de su manuscrito:

estuvo muy elocuente el filósofo Sócrates que Vitrubio nos dice en el tercero prologo de su libro que los hombres habían de ser transparentes para que se pudieran claramente conocer los que eran sabios y así fueran tenidos en lo que merecen pues no es así sino como quiso la naturaleza no es posible que los hombres puedan juzgar la ciencia de los artes oscuras como ello pasa y los mismos Artífices aunque prometan su prudencia si no son ricos y muy favorecidos y bien hablados no pueden alcanzar auturidad conforme a la industria de sus estudios para que se crea que saben aquello que profesan

Un poco antes nos ha dicho que las trazas de monte

en nuestros tiempos no las alcanzan a tener si no es aquellos que en su mocedad se han dado a la diciplina del trazar y contra hacerlas [...] por ser la diciplina y estudio de ellas trabajosa por haber de estar los artífices continuamente asidos a la materia para ponerlas por modelos [...]

La cuestión que plantea Aranda con claridad no es otra que la de la formación y la práctica profesional de los arquitectos en la España del quinientos; y por detrás asoma con claridad la de su extracción social.

Fernando Marías ha dibujado un paisaje nítido del medio social de los arquitectos españoles del siglo XVI, que se dividirían entre maestros canteros de extracción tradicional, arquitectos con formación artística a la italiana y una clase especial de nobles - funcionarios en la que apenas estaría Juan de Herrera.¹

Ginés Martínez de Aranda, como cantero, arquitecto y tratadista, no encaja claramente en ninguna de estas categorías. Reivindica la práctica, *el continuo ejercicio en el trazar y contrahacerlas* como condición necesaria del buen profesional, reclama para este saber una consideración que se le niega en virtud de una lectura de Vitruvio estrecha y ciega,² se lamenta de las barreras que encuentran en el ejercicio de las letras los que no son *ricos y muy favorecidos*, y nos habla de unos

¹ Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo (1541-1631)*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1983-86, t. I, pp. 84-94; «El problema del arquitecto en la España del siglo XVI», *Academia*, 1979; «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», en *Les Chantiers de la Renaissance; El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*, Madrid, Sílex, 1992.

² Fernando MARÍAS, «Materiales y técnicas: viejos fundamentos para las categorías arquitectónicas del Quinientos», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, pp. 263-269.

hombres *continuamente asidos a la materia* que detentan un saber esencialmente práctico.

Sin embargo, sería un error grave identificar a Aranda con una concepción tradicional, inmovilista y retardataria de la arquitectura, de raíz medieval. El propio prólogo nos habla de Vitruvio y Sócrates y maneja con cierta soltura el léxico albertiano de las AREAS y los LINIAMENTOS.³ En sus informes habla de los *expertos en Marte*⁴ con erudición rayana en la pedantería, y si quedara alguna duda sobre su condición de hombre del Renacimiento, bastaría con estudiar su obra, especialmente desde sus estancias en Cádiz y Santiago.

Para entender correctamente esta doble cara de la práctica profesional de Aranda, la de hombre del Renacimiento, tratadista de formación clásica, y la de cantero formado desde su adolescencia en una actividad mecánica, será preciso repasar algunos episodios de la literatura y de la práctica arquitectónica italiana, francesa y española a lo largo de la Baja Edad Media y el Renacimiento, tomando como hilo conductor el prólogo con el que comienzan los *Cerramientos*. No pretendemos con esto hacer un análisis de la profesión de arquitecto en la España del siglo XVI, tarea que ya ha sido realizada y saldría del ámbito de este trabajo, sino examinar en su contexto una concepción concreta y personal de la arquitectura; dicho de otra forma, el objeto de nuestro estudio no es el arquitecto español del Renacimiento, sino **una** visión determinada de la figura del arquitecto; si en las páginas que siguen insistimos una y otra vez en esta concepción sincrética de la profesión, no es porque la consideremos como la única posible, sino porque es la visión que refleja el manuscrito objeto de nuestro estudio y porque apenas ha sido analizada hasta ahora, en beneficio de posiciones simples de más fácil descripción y comprensión.

1

Antiguos y venideros

La obra comienza con una expresión de perplejidad. ¿Cómo es posible que siendo la *montea* una parte esencial de la arquitectura *los sabios Arquitectos antiguos que escribieron en el arte de Arquitectura y la experimentaron en grandes edificios que al presente hay hechos no pusieron en plática los liniamentos de las trazas de montea?* ¿Cómo es posible que Vitruvio no trate la materia cuando es obvio que los *grandes artífices* romanos habían de conocerlas para levantar los *arcos en torre cavada* del

³ V. Leon Battista ALBERTI, *Los Diez Libros de Architectura de Leon Baptista Alberto*, Madrid, Alonso Gómez, 1582, traducción de Francisco Lozano o Ricardo Zamorano, pp. 5, 6.

⁴ V. p. 102.

L. 4

Figura 161. Sebastiano Serlio, Tutte l'opere d'architettura, f.49 v.

Figura 162. Andrea Palladio, I quattro libri dell'architettura, l. IV, f. 22.

Panteón y la bóveda anular del templo de Baco [161], los abocinados del Teatro de Marcello y de Ferento, los abocinados *en viaje* del Coliseo y los anfiteatros de Verona y Pola, como se puede comprobar hojeando el tercer libro de Serlio.⁵ Martínez de Aranda se asombra al comprobar que los maestros antiguos no dieron *las difinitiones que los términos de ellas tienen para ponerlas por escritura* y desde entonces se ha tenido *perpetuo silencio en estas dichas trazas de monea*.

Hoy se pueden ver las cosas de forma más precisa. Los manuales de nuestros días separan claramente la arquitectura romana templaria, pétrea, adintelada, de origen griego y etrusco, que excluye casi siempre la oblicuidad, y la nueva arquitectura de los edificios públicos de hormigón y ladrillo revestidos de estuco y mármol, de plantas complejísimas que dan lugar con gran frecuencia a esviajes y encuentros de curvas.⁶ Sabemos que las complicaciones geométricas de la cantería, aunque raras, no son desconocidas en el mundo clásico, como señala Pérouse de Montclos;⁷ pero la nómina es corta; la arquitectura pétrea clásica huye de la irregularidad.⁸ Otra cosa es la nueva arquitectura de hormigón y ladrillo, la de las termas, la basílica de Majencio, el Panteón o Villa Adriana. Allí sí reinan el muro curvo, la oblicuidad, los encuentros de bóvedas y los ejemplos serlianos que hemos citado más arriba podrían multiplicarse hasta el infinito, resueltos con facilidad gracias al carácter formáceo del hormigón o la pequeña dimensión del ladrillo.⁹ Pero no sería razonable esperar de Aranda, que con casi total seguridad no viajó a Italia, la distinción entre las dos arquitecturas romanas, la de los templos de Vitruvio y la de las termas de Serlio; es natural que Aranda eche de menos en el

⁵ V. Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere...*, Venecia, 1600, l. III, f. 51, 52, 57, 57 v., 70, 71, 74, 79, 81, 83, 84, 85, 86. El «Templo de Baco» de los tiempos de Serlio es en realidad el mausoleo de Santa Constanza.

⁶ V. p. ej. D. S. ROBERTSON, *Handbook of Greek and Roman Architecture*, Cambridge, Cambridge University Press, 1929 (Tr. española de R. Fontán Barreiro y L. Abad Casal, *Arquitectura griega y romana*, Madrid, Cátedra, 1985, pp. 220-223); John B. WARD-PERKINS, *Architettura romana*, Milán, Electa, 1972 (Tr. española de Luis Escolar Bareño, *Arquitectura romana*, Madrid, Aguilar, 1976, p. 97); Luis MOYA BLANCO, «Arquitecturas cupuliformes: el arco, la bóveda y la cúpula», en *Curso de mecánica y tecnología de los edificios antiguos*, Madrid, Colegio de Arquitectos, 1987, pp. 99-102.

⁷ Tenemos bóvedas de cañón en el emisario de Lago Albano y la Cloaca Maxima en Roma, en el Pont du Gard, el Templo de Diana en Nîmes y los anfiteatros de esta ciudad y de Arles, un arco esviado como el de Augusto en Perugia, bóvedas por arista en Pérgamo y en Filipópolis en Siria, «decendas de cava» en el templo de Apolo en Dydim y en el estadio de Perge en Panfilia, el primer tramo de la rampa helicoidal del mausoleo de Adriano, hoy Castel Sant'Angelo, varias cúpulas sobre trompas en la Siria y la Armenia de los siglos IV y V. V. para esto D. S. ROBERTSON, *Handbook of Greek and Roman Architecture*, pp. 259, 264 de la trad. esp.; John B. WARD-PERKINS, *Architettura romana*, p. 100 de la trad. esp.; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, París, Picard, 1982, pp. 144, 157, 181; Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, pp. 266, 267.

⁸ Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, París, B. Bauge, 1854, t. IX, pp. 477, 487-488; D. S. ROBERTSON, *Handbook of Greek and Roman Architecture*, pp. 221, 229 de la trad. esp.

⁹ D. S. ROBERTSON, *Handbook of Greek and Roman Architecture*, pp. 229, 251 de la trad. esp.; John B. WARD-PERKINS, *Architettura romana*, pp. 97-102 y esp. 100 de la trad. esp.

texto vitruviano la exposición de los métodos de trazado que habrían de permitir la ejecución de los arcos esviados y las bóvedas anulares que muestra Serlio.

La observación de Aranda deriva en parte de Philibert de L'Orme, que ya había señalado que «los trazados de geometría no han sido acomodados a la arquitectura por ninguno de los antiguos o modernos hasta los tiempos del autor»,¹⁰ pero Aranda es el primero en plantear la cuestión claramente dentro del campo de los trazados de cantería. Bonet Correa señala que lo que se está planteando aquí prefigura la «querelle» seiscentista de los antiguos y los modernos;¹¹ Aranda sería un precursor de un importante debate del clasicismo francés. Charles Perrault, en su *Parallèle des Anciens et des Modernes*, muestra cómo el arte de la *traza*, desconocido de los antiguos, orgullo de la nación francesa, ha permitido a su hermano Claude levantar los enormes tramos de la columnata del Louvre para aprovechar la débil luz del Norte. A su vez éste, en su trascendental comentario de Vitruvio explicará que el gusto francés difiere del canon de los antiguos, ama la luz y el aire, tiene algo de gótico.¹²

La postura de Aranda está muy lejos del orgullo nacional de De L'Orme y de los académicos franceses. Si uno y otros ponen el énfasis en la originalidad de su saber y le atribuyen carácter de rasgo nacional,¹³ Aranda intenta a cualquier precio revestir su obra con la autoridad de Roma. La omisión del saber de los canteros en el texto vitruviano es incomprensible a la luz de *la necesidad que el arte de arquitectetura tiene de estas dichas trazas de monte por ser prencipal parte suya*, y la única explicación que encuentra Aranda es que *los grandes artifices antiguos las han dejado para que los venideros tengan continuo ejercicio en el trazar y contrahacerlas*. Por tanto, no será excesivo el atrevimiento de Aranda que se lanza a *ponerlas por escritura no mirando si había autor ni maestro antigo debajo de cuya doctrina ampararme para tener el autoridad que convenga*, pues de alguna manera esta materia ya estaría en el programa, por así decirlo, de los antiguos.

¹⁰ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567.

¹¹ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 86; Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», en Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de Monte*, 1986, p. 27.

¹² Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, p. xii; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, «Le sixième ordre d'architecture ou la pratique des ordres suivant les nations», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1977, pp. 237-238, 240; *L'Architecture a la française*, pp. 86, 115. V. también sobre la relación de Guarini con este debate, Elwin C. ROBISON, «Optics and Mathematics in the domed churches of Guarino Guarini», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1991, pp. 398-401.

¹³ Manuela MORRESI, «Philibert de L'Orme. Le patrie de la lingua», en Anthony BLUNT, *Philibert de L'Orme*, Milán, Electa, 1997, pp. 160-161.

Aquí aparece la clave de este razonamiento enrevesado: al no tratar Vitruvio de la *montea*, la materia no goza en principio del soporte de autoridad que el texto vitruviano otorga a otras ramas de la arquitectura. Por tanto Aranda se cree obligado a salvar el prestigio de la cantería suponiendo que el arte de la *traza* sí era bien conocido de los antiguos, pero que Vitruvio no lo menciona para permitir a los modernos que lo redescubran por sí mismos.

Esto nos lleva a situar el comentario de Aranda en el debate renacentista entre imitación de los clásicos e innovación, continuidad o renovación, búsqueda de inspiración en un modelo o varios, antigüedad y modernidad. Se ha señalado en varias ocasiones que los ciceronianos ortodoxos como Pietro Bembo desconfían de las facultades inventivas de sus contemporáneos, se oponen a la imitación de varios modelos y sospechan de la diversidad de formas bajo las que se presenta la naturaleza. Detrás de estas posiciones está tanto el valor moral que se atribuye a la autoridad de los antiguos como el temor a un declinar del arte contemporáneo que expresará Condivi años después. La Antigüedad es para ellos un modelo ideal extrahistórico, cerrado, completo y perfecto que sólo cabe reproducir literalmente.¹⁴

Pero esta línea de pensamiento no es mayoritaria. Petrarca recomienda que el escritor busque que su obra sea semejante, pero no idéntica, a su modelo. Alberti opta en *Della pittura* por la imitación de varios modelos, como harán después Rafael y Miguel Angel, como recomendará Castiglione. Gian Francesco Pico sostiene que no se debe imitar un modelo único, sino a todos los buenos escritores, opta por la invención libre y desprecia a los imitadores, proclama frente a Bembo que los hombres de su tiempo saben muchas cosas que la Antigüedad no conoció.¹⁵

Esto lleva a dar un valor sólo relativo a la autoridad de los antiguos. Fabio Biondo en su *Roma Instaurata*, que aspira a ofrecer una descripción de la urbe en la Antigüedad, se basa en los autores clásicos, pero está muy lejos de aceptar su

¹⁴ Eugenio GARÍN, *Il Rinascimento italiano*, Milán, Istituto per gli Studi di Politica Internazionale, 1941 (Tr. española de Antoni Vicens, *El Renacimiento Italiano*, Madrid, Ariel, 1986, pp. 53, 57); *Scienza e vita civile nel Rinascimento italiano*, Roma-Bari, Laterza, 1965 (Tr. española de Ricardo Pochtar, *Ciencia y vida civil en el Renacimiento italiano*, Madrid, Taurus, 1982, p. 79); Eugenio BATTISTI, «El concepto de imitación en el Renacimiento italiano», *Commentari*, 1956 (Tr. española de María del Carmen Borra, en *Renacimiento y Barroco*, Madrid, Cátedra, 1990, pp. 131-135); Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, Murcia, Consejería de Cultura, 1987, p. 128.

¹⁵ Anthony BLUNT, *Artistic theory in Italy, 1450-1600*, Oxford, Oxford University Press, 1940 (Tr. española de la 2ª ed. de 1956 de Jose Luis Checa Cremades, *La teoría de las artes en Italia, 1450-1600*, Madrid, Cátedra, 1979, pp. 28, 78-80); Carlos SAMBRICIO, «La fortuna de Sebastiano Serlio», en Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'architettura...*, Oviedo, Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 1986, pp. 37-38; Manuela MORRESI, «Philibert de L'Orme. Le patrie de la lingua», en Anthony BLUNT, *Philibert de L'Orme*, pp. 161-162.

autoridad como infalible, del mismo modo que Alberti da un valor relativo a las opiniones de Vitruvio o defiende la lengua vulgar.¹⁶ Estas ideas desembocan en una posición a favor de la originalidad y abierta a la renovación; la herencia de la Antigüedad se percibe en términos de asimilación más que de innovación, y el mecanismo clave es la **generalización**, que permite a Giulio Romano basarse en la Antigüedad para crear variaciones sobre un mismo tema y que quizá no está tan lejos de la combinatoria de figuras *en infinito* de Aranda.¹⁷

En este debate, Philibert de L'Orme adopta una postura favorable a la innovación, con matices; si dedica su estancia romana ante todo a medir y excavar las ruinas,¹⁸ si cita a Vitruvio, Pitágoras, Platón, Plinio, Aristóteles, Euclides, Tolomeo, aunque sea de segunda mano y con ciertas confusiones,¹⁹ si en algunos momentos acepta la autoridad de Vitruvio para «arropar su discurso»²⁰, en otras no tiene melindres: «os aviso que no voy a seguir en esto [el trazado del capitel jónico]

¹⁶ Eugenio GARIN, *Il Rinascimento italiano*, p. 62 de la trad. española; Roberto WEISS, *The Renaissance discovery of classical antiquity*, Oxford, Blackwell, 1973, p. 70; Anthony BLUNT, *Artistic theory in Italy, 1450-1600*, pp. 24, 59 de la trad. española; Rudolf WITTKOWER, *Architectural Principles in the Age of Humanism*, Londres, Warburg Institute, 1949 (4ª ed. inglesa, Londres, Academy, 1973, pp. 55-56); Hanno Walter KRUFT, *Geschichte der Architekturttheorie*, Munich, Oscar Beck, 1985 (Trad. esp. de Pablo Diener Ojeda, *Historia de la teoría de la arquitectura*, Madrid, Alianza, 1990, pp. 51-52); Françoise CHOAY, «Alberti et Vitruve», *Architectural Design*, 1979, p. 26. V. también André CHASTEL, *Art et Humanisme a Florence au temps de Laurent le Magnifique*, París, PUF, 1959 (Tr. esp. de Luis López Jiménez y Luis Eduardo López Esteve, *Arte y Humanismo en Florencia en la época de Lorenzo el Magnífico*, Madrid, Cátedra, 1991, p. 125); Salutati y Bracciolini lamentaban que Dante no hubiera escrito en latín.

¹⁷ Eugenio BATTISTI, «El concepto de imitación en el Renacimiento italiano», pp. 126-130, 134, 136-138 de la trad. española; Ernst GOMBRICH, «The Style all'antica: Imitation and assimilation», en *Norm and Form*, Londres, Phaidon, 1966 (Tr. española de Remigio Gómez Díaz, *Norma y forma*, Madrid, Alianza, 1984, pp. 247-271); Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 34-35; Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, pp. 128-129 y «Estudio preliminar» a *De Arquitectura*, Murcia, Colegio Oficial de Arquitectos Técnicos, 1995, p. XXVII.

¹⁸ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 131; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, pp. 24-25, 31.

¹⁹ V. Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, «Présentation des traités», en Philibert de L'Orme, *Traité d'architecture*, París, Leonce Laget, 1988, p. 10. Además de lo expuesto allí, es significativo comprobar que cuando Philibert de L'ORME cita a Pitágoras y Platón en *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567, 35 - 35 v. y 36 v. - 37, no nos remite al prólogo del libro IX de Vitruvio, donde figura este pasaje en las ediciones modernas, sino a los capítulos I y II de dicho libro, que no mencionan ni a Platón ni a Pitágoras en las ediciones modernas, y habla de sus «figuras». De L'Orme se está refiriendo, sin duda, a la *Architecture, ou Art de bien bastir*, París, 1547, tr. francesa de Jean Martin, con prólogo e ilustraciones de Jean Goujon, en la que se interpola entre otros un cap. I del l. IX, que trata de «L' invention de Platon pour mesurer une piece de terre» y un cap. II del mismo libro, «De l'equierre inventé par Pythagoras au moyen de la formation d'un triangle orthogone, c'est a dire d'angles ou coingz droictz» y en la que por otra parte se cita elogiosamente al propio De L'Orme en el prólogo. V. Hanno Walter KRUFT, *Geschichte der Architekturttheorie*, Munich, Oscar Beck, 1985, p. 87 de la trad. española.

²⁰ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 222

[illegible]

Figura 164. Philibert de l'Orme, Le premier Tome de l'Architecture, f. 232 v.

Figura 165. Philibert de l'Orme, Le premier Tome de l'Architecture, f. 221.

totalmente el dicho Vitruvio, sino solamente en parte».²¹ La consecuencia lógica de esta postura es la libertad de invención, sólo guiada por la razón,²² que le lleva a proponer - y construir en las Tullerías - sus columnas «francesas» para resolver la junta entre tambores o a inventar un nuevo sistema de carpintería «desconocido para los antiguos».²³

En España también se dan las dos posiciones del debate, como puso de manifiesto en su día Maravall. Una visión conservadora de la cuestión, como de otras cosas, nos la da el manuscrito *De architectura*: dice muy sabiamente que lo que entonces se conocía en España como «obra romana» no es tal, sino obra griega, pero implica que esto no debe entenderse como demérito de Roma «pues es más conservar lo inventado que inventarlo de nuevo»; una posición muy semejante a la expresada por Antonio de Guevara, Francisco Sánchez, el Brocense, o Francisco de Holanda para la pintura.²⁴ Una postura más matizada es la de Pablo de Céspedes, que en 1606, por los años de redacción de los *Cerramientos*, formula claramente la disputa de los antiguos y los modernos y toma partido resueltamente a favor de los segundos, aunque con suma precaución.²⁵

Por el contrario, los ingenieros militares tienen muy clara la cuestión: los avances en el arte de la guerra y especialmente las armas de fuego hacen que la ciencia militar de Vitruvio y Vegetio tenga sólo un valor relativo, en el terreno de los principios generales, pero que no llega a su aplicación práctica en detalle. Cristóbal de Rojas dedica la segunda parte de su *Sumario de la milicia antigua y*

²¹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 162. V. también f. 213, 227, y Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, «Présentation des traités», en Philibert de L'Orme, *Traité d'architecture*, París, Leonce Laget, 1988, p. 9, y Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, p. 24.

²² Anthony BLUNT, *Art and Architecture in France 1500 -1700*, Londres, Pelican, 1953, p. 87 de la ed. de 1980.

²³ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 215 v. – 222; Eugène VIOLLET LE DUC, *Entretiens sur l'Architecture*, t.I, p. 381; Anthony BLUNT, *Art and Architecture in France 1500 -1700*, Londres, Pelican, 1953, p. 87 de la ed. de 1980; *Philibert de l'Orme*, pp. 118-122; Erik FORSSMANN, *Dorisch, jonisch, korinthisch: Studien über den Gebrauch der Säulenordnungen in der Architektur des 16. und 17. Jahrhunderts*, Upsala, 1961 (Tr. española de Carmen Marchante, *Dórico, jónico, corintio, en la arquitectura del Renacimiento*, Madrid, Xarait, 1983, p. 64); Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, «Le sixième ordre d'architecture ou la pratique des ordres suivant les nations», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1977, pp. 225-226, 236, 237; «La charpente à la Philibert de l'Orme. Réflexions sur la fortune des techniques en architecture», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 34; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, pp. 71-73; Manuela MORRESI, «Philibert de L'Orme. Le patrie de la lingua», en Anthony BLUNT, *Philibert de L'Orme*, pp. 160-162, 167, de especial interés por ligar a De L'Orme con la postura de Gian Francesco Pico.

²⁴ ANÓNIMO, *De Architectura*, Manuscrito c. 1550. Ed. facsímil, Murcia, Colegio de Arquitectos Técnicos, 1995, pl. 5; v. José Antonio MARAVALL, *Antiguos y modernos. La idea del progreso en el desarrollo de una sociedad*, Madrid, 1966, pp. 82, 96 de la ed. de 1984; Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, «Estudio preliminar» a *De Architectura*, Murcia, Colegio Oficial de Arquitectos Técnicos, 1995, pp. XXVII- XXVIII.

²⁵ José Antonio MARAVALL, *Antiguos y modernos*, p. 494 de la ed. de 1986.

moderna a «la milicia moderna y [...] el principio de la antigua, para saber bien la diferencia de ambas y sus términos y nombres».²⁶

Por una vez Aranda se distancia de Rojas, y adopta una postura aparentemente conservadora y hasta retardataria, en cierto modo comparable a la de Pablo de Céspedes; pretende hacer pasar por recuperación de la Antigüedad lo que en realidad es invención y renovación. Esta posición, aunque minoritaria, era relativamente frecuente a finales del siglo XVI y a principios del XVII;²⁷ en realidad se trata de una táctica defensiva. Aranda sabe por experiencia que *los mismos artífices aunque prometan su prudencia si no son ricos y muy favorecidos y bien hablados no pueden alcanzar autoridad conforme a la industria de sus estudios para que se crea que saben aquello que profesan* y necesita envolver el arte de la *montea* en un manto clásico para tomar prestada la autoridad de Roma.

Por otra parte, cuando Aranda dice que *los grandes artífices antiguos las han dejado para que los venideros tengan continuo ejercicio en el trazar y contrahacerlas*, consigue otro objetivo: si el arte de la *traza* procede de la Antigüedad, hay que pensar en una continuidad ininterrumpida a lo largo de la Edad Media,²⁸ lo que elevaría súbitamente el rango de la tradición medieval de la cantería, depositaria y conservadora del saber clásico, y cortaría de raíz toda posible contradicción entre dos sistemas de control geométrico, el de los órdenes clásicos y el de las *trazas de montea*.²⁹

Esta visión puede parecernos fantástica, pero no lo era tanto en los siglos XVI y XVII. Zaragoza aporta un dato llamativo: para el padre Sala, contemporáneo de Aranda, la Capilla Real de Santo Domingo de Valencia «está hecha [...] a lo antiguo». Es decir, la bóveda gótica anervada de la capilla imitaría la obra romana.³⁰ Alfonso el Magnánimo, que después se hará traer el texto vitruviano al

²⁶ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 99 r.; *Sumario de la milicia antigua y moderna*, p. 315 de la ed. de 1985; José Antonio MARAVALL, *Antiguos y modernos*, pp. 538, 542-543, 547-548 de la ed. de 1986; Alicia CÁMARA MUÑOZ, *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, Madrid, Nerea, 1998, p. 16, 21. V. también p. 321 de este trabajo.

²⁷ Anthony BLUNT, *Artistic theory in Italy, 1450-1600*, p. 154 de la trad. española.

²⁸ Cf. Earl E. ROSENTHAL, «The image of Roman Architecture in Renaissance Spain», *Gazette des Beaux-Arts*, 1958, pp. 337-338. Por supuesto, en Italia se veían las cosas de una forma completamente opuesta: la Edad Media sólo era una época estéril, una brutal ruptura entre la Antigüedad y la nueva Edad de Oro que se anunciaba; v. Erwin PANOFKY, «Das erste Blatt aus dem 'Libro' Giorgio Vasaris; eine Studie über der Beurteilung der Gotik in der italienischen Renaissance mit einem Exkurs über zwei Fassaden-projekte Domenico Beccafumis», *Städte-Jahrbuch*, 1930. (Tr. esp. de Nicanor Ancochea, «La primera página del libro de Giorgio Vasari», en *El significado en las artes visuales*, Madrid, Alianza Forma, 1979, pp. 228-230)

²⁹ V. Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, p. 28.

³⁰ Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», en *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, Valencia, Conselleria de Cultura, 1997, p. 57. V. James H. ACLAND, *Medieval Structure: The Gothic Vault*, Toronto, University of Toronto Press, 1972, p. 221: las bóvedas de la capilla de Alfonso el Magnánimo «were part of the

comenzar la construcción del arco de triunfo del Castel Nuovo napolitano, dispone la construcción de la capilla desde Gaeta en 1437.³¹ No es disparatado pensar que en estos momentos del Renacimiento incipiente, Francesc Baldomar imaginara la construcción de la Antigüedad como un gótico anervado,³² especialmente si se tienen en cuenta las variadas influencias que gravitan alrededor de las intervenciones contemporáneas en el Castel Nuovo napolitano, desde la bóveda nervada octogonal de Guillem Sagrera hasta el arco de triunfo atribuido a Francesco Laurana, pasando por el proyecto ecléctico de Dello Delli;³³ eclecticismo comparable al que practica Baldomar, que combina en la catedral de Valencia ventanas en esviaje y puertas *en esquina y rincón* adornadas en el lenguaje del gótico tardío con lápidas romanas.³⁴ Todo esto nos lleva a ocuparnos a continuación de la tradición medieval de la cantería y examinar en detalle cuál era en realidad su contenido.

2

La tradición medieval de la cantería

Dos mitos opuestos empañan nuestra visión de los directores de las obras medievales. La época romántica quería ver en la construcción de las catedrales una empresa colectiva, igualitaria, anónima, expresión de la voluntad de toda la ciudad. No existiría por tanto una cabeza rectora, el cantero individual sería un artista libre y creador, el proyecto y el dibujo innecesarios, la irregularidad, la inconstancia y las pequeñas diferencias de ejecución una categoría estética; por mucho que el mito

widespread reaction against framed design and their geometry makes them precursors of the quadripartite ribless vaults of the Renaissance, as at St Sauveur, Figeac, or the eighteenth-century vaults of the Jesuit Church at Guanajuato in Mexico». V. también Felipe María GARÍN ORTIZ DE TARANCO, «Una posible escuela hispanolevantina de crucerías anervadas», en *Homenaje al profesor Cayetano de Mergelina*, Murcia, Universidad, p. 435; José María CAMÓN AZNAR, *La arquitectura plateresca*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1945, p. 15; Pablo NAVARRO ESTEVE, «Notas sobre fotogrametría arquitectónica. Levantamiento de la capilla de los Reyes en el convento de Santo Domingo», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1993, pp. 76-78.

³¹ Ludwig H. HEYDENREICH, «El Quattrocento», en *Architecture in Italy 1400-1600*, pp. 202-205 de la trad. española; Hanno Walter KRUF, *Geschichte der Architekturtheorie*, Munich, Oscar Beck, 1985 (Trad. esp. de Pablo Diener Ojeda, *Historia de la teoría de la arquitectura*, Madrid, Alianza, 1990, vol. I, p. 46); Agustín BUSTAMANTE y Fernando MARIAS, «El Escorial y la cultura arquitectónica de su tiempo», pp. 124-125.

³² Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», en *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, Valencia, Conselleria de Cultura, 1997, pp. 14-59.

³³ Leopoldo TORRES BALBÁS, *Arquitectura Gótica*, Madrid, Plus Ultra, 1952, p. 319; Víctor NIETO ALCAIDE, «Modelo y artilugio. Dello Delli y los inicios de la arquitectura del Renacimiento», *Anales de Arquitectura*, 1993, p. 25.

³⁴ Joaquín BÉRCHÉZ, y Francesc JARQUE, *Arquitectura Renacentista valenciana*, p. 32.

haya alimentado utopías anarquistas, la historiografía de los dos últimos siglos se ha encargado de desmentirlo.³⁵

Otro mito menos ingenuo se ha deslizado entre los estudios científicos de estos dos últimos siglos. Al comprobar que las obras de las catedrales estaban organizadas jerárquicamente de una manera férrea, como no podía ser menos, se tiende a identificar al vértice de la pirámide con los directores de las obras actuales y se habla impunemente de los «arquitectos» medievales. Llegados a este punto, se da por sentado que sus conocimientos son asimilables, si no en profundidad, sí en amplitud, a los de los arquitectos actuales: en particular se les supone, sin necesidad de mayor demostración, virtuosos de la geometría que habrían conocido por vías insólitas.³⁶

Lo cierto es que estos «arquitectos» tenían mucho en común con los actuales, pero también les separaban diferencias esenciales. Arquitectos que dibujaban algo y replanteaban mucho, arquitectos que no se habían formado en ninguna escuela sino en el tajo. Aunque sus funciones sean en cierto modo asimilables a las de los arquitectos actuales, su extracción, su formación, sus conocimientos, su status en la cerrada sociedad medieval debieron de condicionar por fuerza su práctica.³⁷

En primer lugar, los maestros de las catedrales en la España del siglo XVI proceden en su mayoría del oficio de cantero.³⁸ Hijos o sobrinos de pedreros, muchas veces integrados en largas dinastías, reciben junto al padre o los familiares una formación exclusivamente práctica basada únicamente en la experiencia, tanto la paterna, transmitida por vía oral y por la práctica del oficio, como la propia:³⁹

³⁵ William MORRIS, *News from Nowhere*, 1890 (Tr. esp., *Noticias de ninguna parte*, Zero, Algorta, 1972, pássim, esp. pp. 99-107); Nikolaus PEVSNER, *Ruskin and Viollet-Le-Duc. Englishness and Frenchness in the appreciation of gothic architecture*, Londres, Thames and Hudson, 1969, pp. 18-22; Lon R. SHELBY, «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», *Speculum*, 1964, p. 387.

³⁶ La idea procede al menos de Eugène VIOLLET LE DUC, *Entretiens sur l'Architecture*, París, Morel, 1863, t. I, p. 265; v. también, p. ej. Matila C. GHYKA, *Esthetique des proportions dans la nature et dans les arts* (Tr. española, Poseidón, Buenos Aires, 1983, p. 265). Contra esta ilusión ya prevenía Lon R. SHELBY, «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», *Speculum*, 1964, p. 388.

³⁷ Franklin TOKER, «Gothic architecture by remote control: an illustrated building contract of 1340», *Art Bulletin*, 1985, p. 67. V. también Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, Madrid, Taurus, 1989, p. 494.

³⁸ Las excepciones a esta regla se pueden agrupar en dos núcleos: en el toledano figura en solitario Alonso de Covarrubias, mientras que en el granadino y murciano tenemos a Siloé, Quijano y el efímero maestro mayor Lázaro de Velasco, todos relacionados con la influencia italiana a través de Jacopo Torni. En un contexto más amplio, v. Christopher WILSON, *The Gothic Cathedral*, p. 144: «So far as it is known, all the men who became architects in the Middle Ages had risen from the ranks of the working masons cutting stone at the bench. The only certain exceptions, clerics who turned their hand to architecture, were of marginal importance in the Gothic period save in Italy».

³⁹ Auguste CHOISY, *Histoire de l'Architecture*, París, Gauthier-Villars, 1899, t. II, p. 519; Lon R. SHELBY, «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», *Speculum*, 1964, p. 388; Myra Nan ROSENFELD, «La real Administración de Edificios de Francia, de Carlos V a Luis XVI», en Spiro Kostof, ed., *The Architect. Chapters in the history of the profession*, p. 160 de la trad. española; Fernando MARÍAS, «El

*Figura 166. Tabernáculo s. XV,
Akademie der Bildenden Kunst, Viena.*

Figura 167. Hernán Ruiz el Joven, Libro de Arquitectura, f. 65 v.

otro camino es el del contrato de aprendizaje, por el que un adolescente es encomendado a un cantero que lo acoge en su casa, lo forma y en general percibe los frutos de su trabajo; en cualquier caso, la instrucción que se recibe por esta vía es exclusivamente práctica. La experiencia, y no la educación formal, es lo que permite al cantero del gótico final destacarse entre sus compañeros por medio del virtuosismo y alcanzar puestos de dirección claramente diferenciados del trabajador de a pie.⁴⁰

Todas estas variantes se dan en la biografía de Aranda; hijo de albañil más que de cantero, debió de recibir su formación básica en el círculo de la familia materna y sus primeros trabajos documentados se relacionan con sus tíos y primos. Más adelante, no sólo formaría a sus hijos y a su sobrino Juan de Aranda Salazar, huérfano, sino al menos a Pedro Pablo de Ordóñez, en virtud de contrato de aprendizaje.⁴¹ Aranda no reniega de tal formación: *en nuestros tiempos [los liniamentos de las trazas de monte] no las alcanzan a tener si no es aquellos que en su mocedad se han dado a la diciplina del trazar y contra hacerlas*. Hasta aquí Aranda podría ser un maestro medieval; pero si su formación básica, la *diciplina y estudio de ellas trabajosa por haber de estar los artífices continuamente asidos a la materia*, es asimilable a la de los maestros del siglo XV, sus conocimientos, adquiridos lentamente por la lectura y el contacto con personajes como Maximiliano de Austria y Cristóbal de Rojas, le dotan de algunos rasgos del arquitecto humanista.

Las dos cosas no eran incompatibles de ninguna manera. En la Sacra Capilla del Salvador el arquitecto-artista Diego de Siloé ha de «dar dibujadas e trazados todos los moldes así de columnas e puertas e ventanas lo cual no ha de faltar cosa alguna de lo que el así dejare trazado».⁴² Esto puede interpretarse como que los ha de representar en papel pero también trazarlos a tamaño natural. Algo parecido le sucede a Alonso de Covarrubias, que ha de dar unas trazas en el Alcázar de Toledo

problema del arquitecto en la España del siglo XVI», *Academia*, 1979, p. 195; *El largo siglo XVI*, p. 453; «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», en *Les Chantiers de la Renaissance*, pp. 247, 250; *El largo siglo XVI*, p. 16; Alfredo J. MORALES, «Tradición y modernidad», en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, Madrid, Cátedra, 1989, pp. 186-187; John FITCHEN, *Building Construction Before Mechanization*, p. 17; María Dolores CAMPOS SÁNCHEZ-BORDONA, *Juan de Badajoz y la arquitectura del Renacimiento en León*, p. 139, 145.

⁴⁰ Lon R. SHELBY, «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», *Speculum*, 1964, p. 388; Fernando MARÍAS, «El problema del arquitecto ...», *Academia*, 1979, pp. 175-76, 195-96; *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, p. 69.

⁴¹ V. a este respecto Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 453-457.

⁴² Condiciones para la Sacra Capilla del Salvador de Úbeda, transcritas en Manuel GÓMEZ-MORENO *Las águilas del Renacimiento Español*, p. 190 de la ed. de 1983; V. también Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 497; «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», en *Les Chantiers de la Renaissance*, pp. 248-250; *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*, Madrid, Sílex, 1992, p. 142.

«en el suelo de la sala».⁴³ No en vano, tanto Siloé como Covarrubias figuran entre los más notables «peritos en el arte de cantería» de su época, exactamente igual que maestros de formación canteril como Andrés de Vandelvira, Rodrigo Gil de Hontañón, Juan de Rasines o Hernán Ruiz el Joven.⁴⁴

Se suele afirmar que en este saber de los canteros desempeñaba un papel central la geometría y que el nivel de conocimientos de los maestros medievales era muy alto en este campo, pero esta forma de exponer las cosas es simplista y puede dar lugar a confusiones. Es cierto que algunos textos medievales que han llegado a nosotros ponen gran énfasis en la importancia de la geometría en la arquitectura y los grandes conocimientos geométricos de sus autores; entre los canteros medievales se debate si la «scientia» geométrica ha de tener o no un lugar en su «ars», como señaló en un artículo clásico James S. Ackermann.⁴⁵ Pero tal cosa está lejos de lo que entendemos hoy por ciencia y por geometría; se trataba de un saber puramente empírico, sin base teórica, basado en la transmisión de conocimientos de padre a hijo por la mera observación, sometido a los secretos de la logia y con vías de difusión limitadas a cuadernos personales como los de Villard de Honnecourt, Roriczer, Lechler y Schmuttermayer y a la diseminación del conocimiento propiciada por el rito de la trashumancia.⁴⁶ Es bien sabido que en un

⁴³ Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. IV, p. 53.

⁴⁴ Manuel GÓMEZ-MORENO Y MARTÍNEZ, *Las águilas del Renacimiento español*, pp. 65, 71, 93, 96-97 de la ed. de 1983; Diego Siloé. *Homenaje en el IV centenario de su muerte*, Universidad de Granada, 1963, p. 65; Luis MAGAÑA BISBAL, «Alonso de Covarrubias y la Iglesia Mayor de Baza», *Archivo Español de Arte*, 1954, p. 38; Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo. A documentary and stylistic study on spanish architecture in the mid-sixteenth century*, Tesis doctoral, Universidad de Yale, 1968, p. 137; Antonio CASASECA CASASECA, *Rodrigo Gil de Hontañón (Rascafría, 1500 - Segovia, 1577)*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1988, p. 104; Lino CABEZAS GELABERT, «Del 'arte de la cantería' al 'oficio de la cantería'», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 137; Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, p. 213; Lázaro GILA MEDINA, y Vicente M. RUIZ PUENTES, «Andrés de Vandelvira: aproximación a su vida y obra», *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, p. 86, y Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, p. 57. Lo mismo sucede con los ingenieros; v. Alfonso CABRERA CRUZ, «La fortificación de los puertos de América: Cartagena de Indias», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, Madrid, Fundación Argentaria, 1998, p. 281. Respecto de la formación de Covarrubias como escultor, v. Rosario DÍEZ DEL CORRAL GARNICA, «La introducción del Renacimiento en Toledo: el Hospital de Santa Cruz», *Academia*, 1986, p. 173.

⁴⁵ VILLARD DE HONNOCOURT, *Cuaderno*, lám. 39 de la numeración de Omont: «Totes ces figures sont estraites de geometrie»; James S. ACKERMAN, «Ars sine scientia nihil est. Gothic Theory of Architecture at the Cathedral of Milan», *Art Bulletin*, 1949, pp. 100-102; Otto von SIMSON, *The Gothic Cathedral: Origins of Gothic Architecture and the Medieval concept of Order*, Princeton, Princeton University Press, 1956 (Tr. esp. de Fernando Villaverde, *La Catedral Gótica*, Madrid, Alianza Forma, 1980, p. 56); José Antonio RUIZ DE LA ROSA, «El método de la cuadratura. Apreciaciones geométricas sobre el gótico», *Periferia*, 1987, pp. 62-63; existe versión española de los anales de la fábrica donde se recogen las discusiones en Joaquín YARZA et al., *Arte Medieval II. Románico y Gótico*, pp. 329-337.

⁴⁶ Auguste CHOISY, *Histoire de l'Architecture*, t. II, pp. 519-520; Paul FRANKL, «The secret of the Medieval Masons», *Art Bulletin*, 1945, p. 46; Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 79, 90-94 de la ed. de 1973; Lon R. SHELBY, «The geometrical knowledge of medieval master masons», en *Speculum*, 1972,

momento tan tardío como 1459, la convención de Ratisbona prohíbe expresamente a los canteros enseñar cómo obtener alzados a partir de plantas.⁴⁷ Sin libre circulación de conocimientos la evolución en la aplicación de la geometría a los trazados constructivos fue necesariamente lenta; se trataba sin duda de un saber cerrado basado únicamente en la tradición.⁴⁸ Aranda lo dice con claridad: *se ha tenido perpetuo silencio en estas dichas trazas de monte al no haber dado en las difinitiones que los términos dellas tienen para ponerlas por escritura los antiguos, ni tampoco los modernos, y así no es posible que los hombres puedan juzgar la ciencia de las artes oscuras.*

Este saber de los canteros medievales incluía el dominio del juego de la escuadra y el compás y quizás algunas fórmulas aritméticas simples, pero no el conocimiento de la geometría clásica.⁴⁹ Como hemos visto más arriba, tanto Roriczer, como quizá también Villard de Honnecourt, conocen una construcción que permite trazar una perpendicular a una recta no por un punto dado, sino por

pp. 396, 398, 420; Spiro KOSTOF, «El arquitecto en la Edad Media, en Oriente y Occidente», p. 93 de la trad. española; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 180; Francisco Javier JIMENEZ ZORZO, et al., «El Estudio de los signos lapidarios y el Monasterio de Veruela ... », pp. 25-27; Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 507-508; José M. GÓMEZ-MORENO CALERA, «Relaciones artísticas entre Jaén y Granada en los inicios de la modernidad: Aproximación a una corriente histórica», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 1989, pp. 59-62; Alfredo J. MORALES, «El Ayuntamiento de Sevilla: maestros canteros, entalladores e imagineros», *Laboratorio de Arte*, 1991, pp. 61, 62.

⁴⁷ V. Paul FRANKL, «The secret of the Medieval Masons», *Art Bulletin*, 1945, pp. 46-47; Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, pp. 54 y 90 de la ed. de 1973; Lon R. SHELBY, «Introduction», en *Gothic Design Technics: The fifteenth-century design booklets of Mathes Roriczer and Hans Schmuttermayer*, Carbondale, Southern Illinois University Press, 1977; Spiro KOSTOF, «El arquitecto en la Edad Media, en Oriente y Occidente», p. 93 de la tr. española; Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, pp. 82-86 de la ed. de 1980; John FITCHEN, *The construction of Gothic Cathedrals. A study of medieval vault erection*, Chicago, The University of Chicago Press, 1961, p. 5 de la ed. de 1981; Roland RECHT, *Le dessin d'architecture*, París, Adam Biro, 1995, pp. 89-92.

⁴⁸ Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, p. 82 de la ed. de 1980; Spiro KOSTOF, «El arquitecto en la Edad Media, en Oriente y Occidente», p. 90 de la tr. española; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1990, p. 13; Enrique RABASA DÍAZ, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», p. 146.

⁴⁹ V. James S. ACKERMAN, «Ars sine scientia nihil est. Gothic Theory of Architecture at the Cathedral of Milan», *Art Bulletin*, 1949, p. 106; François BUCHER, «Design in Gothic Architecture. A preliminary assessment», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1968, pp. 50, 52; Lon R. SHELBY, «Introduction», en *Gothic Design Technics: The fifteenth-century design booklets of Mathes Roriczer and Hans Schmuttermayer*, Carbondale, Southern Illinois University Press, 1977; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 27; José Antonio RUIZ DE LA ROSA, «El método de la cuadratura. Apreciaciones geométricas sobre el gótico», *Periferia*, 1987, p. 62; *Traza y simetría de la arquitectura en la Antigüedad y el Medioevo*, Sevilla, Universidad, 1987, p. 266; Roland BECHMANN, «Les dessins techniques du Carnet de Villard de Honnecourt», pp. 47, 57; Roland RECHT, *Le dessin d'architecture*, p. 95. Todo esto sería una manifestación del principio enunciado para los artistas en general por Joaquín YARZA, *Baja Edad Media*, p. 79, según el cual «la formación artística profesional debía ser muy completa en orden a lo estrictamente técnico [...] En cuanto a una formación teórica diferente de la profesional, poseemos pocos datos, que no permiten ser optimistas».

un punto aleatorio, lo que le permite comprobar escuadras pero no trazar perpendiculares sin ayuda de éstas. Por otra parte, Roriczer y Durero todavía ofrecen una construcción inexacta para el pentágono regular, como en el *Cuaderno* de Villard, lo que da a entender que desconocían o no comprendían la de los *Elementos*.⁵⁰ Así, el examen de las dos fuentes principales a nuestro alcance para evaluar la capacidad geométrica de los canteros medievales nos habla de la soltura en el manejo de la escuadra y el compás, pero también de la inseguridad en el empleo de conocimientos geométricos que vayan algo más allá.

Durante la Alta Edad Media sólo se conocían algunos fragmentos de Euclides a través de Boecio; las primeras traducciones latinas completas, se hacen hacia 1120, de textos árabes y no directamente del griego, como la de Adelardo de Bath, y la más tardía de Gerardo de Cremona, vinculado a la Escuela de Toledo, que también vierte al latín *De mensura circuli* de Arquímedes y las *Cónicas* de Apolonio de Pérgamo.⁵¹ No tenemos noticias de traducciones a las lenguas vernáculas durante la Edad Media. Por lo tanto, en los años de formación de la gran tradición de la cantería medieval la mayor parte del texto de Euclides simplemente no estaba disponible en absoluto. Más adelante, aunque existen traducciones al latín, la situación no es muy distinta. A los «oradores» la materia les interesa poco: las matemáticas no se enseñan en las escuelas de gramática.⁵² En las universidades se les presta alguna atención marginal,⁵³ pero los que podían hacer un uso más

⁵⁰ Según Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 34, «That no exact construction is presented in this booklets may be due either to ignorance of it in the masonic circles or to its impracticality in a site survey», pero unos cincuenta o sesenta años después Serlio expone una construcción correcta que ofrece menos dificultades para la ejecución a tamaño natural que la de Roriczer; v. también *ibid*, p. 97.

⁵¹ Guy BEAUJEAN, «La science dans l'occident médiéval chrétien», en René Taton, ed., *La science antique et médiévale*, París, PUF, 1957, p. 595 de la ed. de 1994; Georges DUBY, *Le temps des Cathédrales. L'art et la société, 980-1420*, Ginebra, Skira, 1966 (Tr. esp. de Arturo R. Firpo, *La época de las catedrales. Arte y sociedad, 980-1420*, Madrid, Cátedra, 1993, p. 120); Paul Oskar KRISTALLER, *Renaissance thought and its sources*, Nueva York, Columbia University Press, 1979 (Tr. esp. de Federico Patán López, *El pensamiento renacentista y sus fuentes*, México, Fondo de Cultura Económica, p. 171); José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, p. 200.

⁵² Georges DUBY, *Le temps des Cathédrales. L'art et la société, 980-1420*, Ginebra, Skira, 1966 (Tr. esp. de Arturo R. Firpo, *La época de las catedrales. Arte y sociedad, 980-1420*, Madrid, Cátedra, 1993, p. 79): «En las escuelas del siglo XI el *quadrivium*, el segundo ciclo de las artes liberales, se resumía casi por completo en la música». V. también p. 118; en cambio, en la p. 121 dice que «los arbotantes, inventados en París en 1180 para elevar más la nave de Notre-Dame, son hijos de la ciencia de los números», idea que desarrolla en pp. 146, 150, siempre sin citar fuente. En cualquier caso, este saber sólo está al alcance de los clérigos; v. Otto von SIMSON, *The Gothic Cathedral: Origins of Gothic Architecture and the Medieval concept of Order*, Princeton, Princeton University Press, 1956 (Tr. esp. de Fernando Villaverde, *La Catedral Gótica*, Madrid, Alianza Forma, 1980, p. 52).

⁵³ Bernard GILLES, *Les ingénieurs de la Renaissance*, París, Hermann, 1964, pp. 33-34; Eugenio GARIN, *Scienza e vita civile nel Rinascimento italiano*, Roma-Bari, Laterza, 1965 (Tr. española de Ricardo Pochtar, *Ciencia y vida civil en el Renacimiento italiano*, Madrid, Taurus, 1982, p. 134); Paul Oskar KRISTALLER,

provechoso de la geometría, los «laboradores», siguen sin poder acceder a Euclides que sólo se traduce al latín,⁵⁴ y tienen que conformarse con lo que les llega de clérigos como Suger, que se asegura «por medio de los instrumentos geométricos y aritméticos» de la alineación de su vieja iglesia y la ampliación que está levantando;⁵⁵ no disponemos de pruebas significativas de contactos entre los canteros y las escuelas catedralicias o las universidades.⁵⁶ Esto confirma lo que decíamos antes: si los canteros hubieran recibido amplios conocimientos de geometría de los maestros de las universidades, ¿cómo sería posible que Roriczer,

Renaissance thought and its sources, Nueva York, Columbia University Press, 1979 (Tr. esp. de Federico Patán López, *El pensamiento renacentista y sus fuentes*, México, Fondo de Cultura Económica, p. 63)

⁵⁴ Con diferentes matices exponen este punto Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, París, 1953, p. 94 de la ed. de 1973; Lon R. SHELBY, «The geometrical knowledge of medieval master masons», p. 396; «Introduction», en *Gothic Design Technics: The fifteenth-century design booklets of Mathes Roriczer and Hans Schmuttermayer*, Carbondale, Southern Illinois University Press, 1977; Jean GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, pp. 80-86 de la ed. de 1980, pp. 80, 82; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 55, 80, 111, 265. Para la tesis opuesta, v. Spiro KOSTOF, «El arquitecto en la Edad Media, en Oriente y Occidente», pp. 67, 78, 84 y 89 de la trad. española. V. también Paul Oskar KRISTALLER, *Renaissance thought and its sources*, p. 36 de la tr. española.

⁵⁵ Erwin PANOFSKY, «Introducción», en *Abbot Suger on the abbey church of Saint Denis and its art treasures*, Princeton, Princeton University Press, 1946, pp. 1-37 (Tr. española de Nicanor Ancochea, *El significado en las artes visuales*, Madrid, Alianza, 1979, p. 168); Otto von SIMSON, *The Gothic Cathedral: Origins of Gothic Architecture and the Medieval concept of Order*, pp. 118, 146 de la trad. española; plantea en nota la posibilidad de traducir «instrumentis» por REGLA y no por INSTRUMENTO; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 12-19. Existe versión española del texto de Suger en Joaquín YARZA, et al., *Arte Medieval II. Románico y Gótico*, Barcelona, Gustavo Gili, 1982, p. 51.

⁵⁶ Erwin PANOFSKY, *Gothic Architecture and Scholasticism*, Meridian Books, 1957 (2ª ed. esp., tr. de Julia Varela y Fernando Álvarez Uría, *Arquitectura gótica y pensamiento escolástico*, Madrid, Las ediciones de La Piqueta, 1986, pássim y esp. pp. 32-35) sólo puede presentar hipótesis, no pruebas, acerca del contacto entre maestros canteros y escuelas catedralicias o universidades; tampoco ofrece pruebas de una afirmación semejante Otto von SIMSON, *The Gothic Cathedral*, p. 75 de la trad. española. V. al respecto Robert BRANNER, «A note on Gothic architects and scholars», *Burlington Magazine*, 1957, p. 372; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 7, 10-11. La excepción más significativa a esta regla es la presencia del matemático Stornaloco en las discusiones acerca de la continuación de la Catedral de Milán en el siglo XIV, pero el material analizado en James S. ACKERMAN, «Ars sine scientia nihil est. Gothic Theory of Architecture at the Cathedral of Milan», *Art Bulletin*, 1949, pp. 84-111, tiende a confirmar nuestra argumentación por varias razones: en primer lugar, el suceso está alejado en el tiempo y el espacio de los grandes momentos de formación de la tradición medieval, y los conceptos que se manejan están alejados de la práctica contemporánea en Francia, como revelan las discusiones posteriores con Mignot; en segundo lugar, son los responsables de la fábrica y no los maestros de la obra los que llaman a Stornaloco, y sus consejos son despreciados por los maestros; en tercer lugar, los consejos de Stornaloco se mantienen en el campo de la geometría elemental e intuitiva de escuadra y compás; y como último y definitivo argumento, todo el proceso demuestra lo limitado de los conocimientos matemáticos de los maestros. También hay que anotar la presencia del geómetra Casandro Romano en la refundación de Ávila junto a Raimundo de Borgoña; v. Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 76.

en su *Geometria Deutsch* exponga procedimientos obviamente incorrectos para cualquier lector de Euclides?⁵⁷

Precisamente en la época de las primeras traducciones de Euclides, comienza a formarse una tradición típicamente medieval, la de la geometría práctica, que tiene un antecedente en la *Geometria Gerberti* del siglo X⁵⁸ y que se formula como rama independiente en la *Practica geometria* de Hugo de San Víctor en el XII. Tratados como el de Leonardo Fibonacci, escritos en latín, dedicados al problema de la medida y repeletos de demostraciones, difícilmente podían ser de utilidad a los canteros. Varias obras en lengua vernácula, como la *Pratike de geometrie*, escrita en picardo en la época de Villard de Honnecourt, atestiguan un interés por estas cuestiones fuera del ámbito de las escuelas,⁵⁹ pero se centran en la medida y la topografía y tocan sólo tangencialmente los problemas de geometría plana y espacial que podían plantearse los constructores de la época.⁶⁰

Ante esta situación, Lon Shelby ha planteado una hipótesis verosímil: la «geometrie» de la que Villard extrae sus figuras⁶¹ es una tercera geometría, ni la de Euclides ni la de Hugo de San Víctor, sino una «geometría constructiva», que rehuye cualquier operación aritmética y se basa únicamente en el juego de la

⁵⁷ V. José Antonio RUIZ DE LA ROSA, «Giralda-Catedral gótica», *Quatro edificios sevillanos*, p. 33: «Ya no es permisible [...] considerar a los artesanos de la construcción en posesión de conocimientos más avanzados que los de su ciencia coetánea»; Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, pp. 33-34 admite que la incapacidad de Radolf de Lieja y Ragimbold de Colonia en 1025 para demostrar que la suma de los ángulos de un triángulo es igual a dos rectos, o los errores de Roriczer demuestran las limitaciones de los conocimientos de los «theoriciens» medievales en materia de geometría, pero considera que esto no se puede aplicar a los trazados y a la geometría aplicada. Ahora bien, Roriczer no era un «theoricien», sino un cantero e hijo de canteros.

⁵⁸ Para las vinculaciones de Gerbert con la Península Ibérica, v. Guy BEAUJEAN, «La science dans l'occident médiéval chrétien», en René Taton, ed., *La science antique et medievale*, París, PUF, 1957, p. 587 de la ed. de 1994.

⁵⁹ Robert BRANNER, «A note on Gothic architects and scholars», p. 372; Lon R. SHELBY, «The geometrical knowledge of medieval master masons», pp. 401, 404-407; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 9, 22-23; José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, pp. 200-203; Robert HALLEUX y Anne Catherine BERNES, «Formules d'architectes dans les receptaires et les manuscrits d'arpentage de l'Antiquité et du Moyen Age», *Entre mécanique et architecture*, Basel - Boston - Berlin, Birkhäuser Verlag, 1995. Esta tradición llega en España al siglo XVI al menos: Juan Pérez de Moya, *Fragmentos Matemáticos*, f. 197-261, «trata del tercer genero de medir que dizen Stereometria». Sobre una situación parecida en lo que respecta a la perspectiva, v. Julius von SCHLOSSER, *Die Kunstliteratur*, Viena, Anton Scroll, 1924 (Tr. española de Esther Benítez, *La literatura artística*, Madrid, Cátedra, 1976, p. 233)

⁶⁰ Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 22-23, 111, plantea una hipótesis interesante: es posible que la división de la materia en *Planimetria*, *Altimetria* y *Cosmimetria* haya potenciado una separación conceptual entre diseño en planta y alzado y de ahí derivaría la aparición de un embrión de sistema de representación basado en pseudo-proyecciones; tendríamos por lo tanto la primera piedra de la construcción mental que conduce a la resolución de problemas de tomotecnia, pero sólo la primera.

⁶¹ VILLARD DE HONNECOURT, *Cuaderno*, lám. 39 según la numeración de Omont.

escuadra y el cartabón, limitada a los problemas planos o espaciales que interesan a los canteros y transmitida por vía oral en las logias; el cuaderno de Villard sería un raro ejemplo de ilustración complementaria de esta transmisión oral y no una obra concebida para explicarse por sí misma.⁶²

Frente a las limitaciones de esta geometría hay un rasgo de gran interés: el carácter empírico de este saber hace que la geometría se perciba como materia experimental,⁶³ por extraño que parezca a nuestros ojos. Quizá llamar experimento a lo que debió de ser mera prueba y error parezca excesivo, pero en el siglo XVI sí se aborda un programa sistemático de empleo de modelos para comprobar la exactitud de los trazados de cantería, al que nos referimos más adelante.⁶⁴

En resumen, la geometría del cantero medieval sería una geometría reducida estrictamente a sus necesidades tradicionales, por una parte, y a los medios de los que disponía, el compás y la escuadra con los que se representa orgulloso en los laberintos de las catedrales o en sus lápidas sepulcrales. Con tales limitaciones, el cantero medieval disponía de herramientas que sin duda le permitían llevar a cabo sus tareas tradicionales, pero no afrontar problemas geométricos nuevos ni mucho menos innovar en este terreno.⁶⁵

En el Renacimiento, esta tradición medieval se percibe como insuficiente, oscura y confusa, tal vez *por no haber dado en las difinitiones que los términos de ellas tienen para ponerlas por escritura*.⁶⁶ Ante esta situación se producen dos reacciones opuestas. En Italia, la tradición medieval del corte de piedra ya era débil y se centraba en chapados de piedra aparentemente feroces pero relativamente delgados, como los de los palacios florentinos del cuatrocientos, o al saqueo de los monumentos antiguos para conseguir sillares sin tomarse la molestia de labrarlos.⁶⁷

⁶² Lon R. SHELBY, «The geometrical knowledge of medieval master masons», pp. 409-411, 414, 420; del mismo autor, «Medieval masons' templates», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1971, pp. 150, 153-154; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 8, 39; José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, pp. 203-204.

⁶³ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, París, 1953, p. 94 de la ed. de 1973.

⁶⁴ V. pp. 321 y ss.

⁶⁵ V. José Antonio RUIZ DE LA ROSA, *Traza y simetría de la arquitectura*, p. 208.

⁶⁶ Una prueba de esta insatisfacción en el campo estructural la da Rodrigo GIL DE HONTAÑÓN, *Manuscrito*, f. 18 v.-19 r.: «Probado he muchas vezes a sacar Raçon del estribo que abrá menester una qualquiera forma y nunca hallo Regla que me sea suficiente». V. Santiago HUERTA FERNÁNDEZ, *Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España ca. 1500- ca. 1800*, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1990, pp. 120-121.

⁶⁷ Auguste CHOISY, *Histoire de l'Architecture*, t. II, pp. 613, 679; José Carlos PALACIOS, «La estereotomía de la esfera», *Arquitectura*, 1987, p. 54; Dionisio HERNÁNDEZ GIL, «Prólogo», en José Carlos Palacios, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, 1990, p. 9; Christoph Luitpold FROMMEL, «Il cantiere di S. Pietro Prima di Michelangelo», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 177; Pier Nicola PAGLIARA, «Raffaello e la rinascita delle technique antiche», *ibid*, pp. 55-56; Antonio CASTRO VILLALBA, *Historia de la construcción medieval. Aportaciones*, Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, 1996, p. 27, 101.

En el Renacimiento confluyen varias líneas que la difuminan aún más: por una parte la búsqueda brunelleschiana del espacio geométrico puro lleva a valorar ante todo el revestimiento de estuco claro; por otra parte, en el renacimiento romano, sobre todo a partir del descubrimiento de la Domus Aurea y de la época de Rafael, se comprende que las enormes superficies de ladrillo de los monumentos imperiales estaban destinadas en muchos casos a recibir revestimientos pintados.⁶⁸ Como consecuencia, el Alto Renacimiento deriva hacia una arquitectura de materiales masivos pobres y revestimientos lujosos, y el interés por la cantería se diluye todavía un poco más. Philibert de L'Orme no perderá la ocasión de dirigir sus dardos envenenados contra los italianos:

[las bóvedas oblicuas] son difíciles de llevar a cabo para los que no conocen los trazados: las querrían hacer todas de ladrillo, o de mampuesto, como he visto que se hace en algunos sitios de Italia [...] por no entender el artificio de dichos trazados [...] y sin escatimar grandes barras de hierro para sostener sus mamposterías de miedo de que se caigan : que es una muy mala costumbre.⁶⁹

En cambio, en España y Francia existe a la llegada del Renacimiento una tradición de talla de la piedra a la que nadie está dispuesto a renunciar.⁷⁰ Los «cortes» básicos de los tratados renacentistas de cantería se pueden encontrar con cierta facilidad en los monumentos románicos de uno y otro lado de los Pirineos, aunque el Languedoc parece actuar de centro por el número de ejemplos, la calidad de la labra y la presencia masiva de lo que Pérouse de Montclos llama «denominaciones de origen».⁷¹ Sin dejar la temática de la copia de los *Cerramientos*

⁶⁸ Pier Nicola PAGLIARA, «Raffaello e la rinascita delle technique antiche», *Les Chantiers de la Renaissance*, pp. 59-62.

⁶⁹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 68.: «elles sont difficiles à conduire, mesmes a ceux qui ne sçauent l'vsage des traits : sinon qu'ils voulussent faire toutes de brique, ou la maçonnerie de moilon, comme i'ay veu que lon faict en aucuns lieux d'Italie [...] pour n'entendre l'artifice des dicts traits [...] pour n'auoir l'industrie de les y accomoder, & sans y espargner le plus souuent, des grandes barres de fer, pour soustenir leurs maçonneries de peur qu'elles ne tombent : qui est vne tres mauuaise coustume & façon [...]».

⁷⁰ Fernando CHUECA GOITIA, «Arquitectura, número y geometría: a propósito de la Catedral de Valladolid», *Revista de Ideas Estéticas*, 1945, pp. 36-38; Anthony BLUNT, *Philibert de l'Orme*, p. 46; Concepción FÉLEZ LUBELZA, *El hospital Real de Granada*, Granada, Universidad, 1979, p. 162; Agustín BUSTAMANTE y Fernando MARÍAS, «El Escorial y la cultura arquitectónica de su tiempo», p. 129; Antonio BONET CORREA, «Los tratados de monte y cortes de piedra españoles en los siglos XVI, XVII y XVIII», *Academia*, 1989, ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, p. 112.

⁷¹ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, pp. 191, 203; Antonio BONET CORREA, «Los tratados de monte y cortes de piedra españoles en los siglos XVI, XVII y XVIII», *Academia*, 1989, ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, p. 108; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 12-13; Fernando MARÍAS, «Materiales y técnicas: viejos fundamentos para las categorías arquitectónicas del Quinientos», p. 264; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, p. 19 pone en esto la escuela catalana junto a la del Languedoc.

que conocemos ni el territorio ibérico, ya en tiempos visigóticos encontramos arcos *avanzados* elementales en la cripta de San Antolín de la catedral de Palencia o abocinados en San Pedro de la Nave; en la época de la repoblación aparecen los arcos *en torre cavada* o *redonda*, primero de herradura como en Santa María de Melque y San Cebrián de Mazote,⁷² y después los de traza semicircular, que en el románico proliferan en los ábsides de las iglesias; los abocinados los encontramos en San Isidoro de León, San Martín de Frómista, la colegiata de Toro, la catedral de Zamora o los monasterios de Gradefes y Moreruela; también en León, Toro y Zamora encontramos *avanzados en bóveda*. En la época gótica se da un retroceso general, pero en el siglo XV encontramos los primeros arcos *por esquina y rincón*, como el que da acceso al Micalet valenciano, hacia 1480, y los primeros esviados todavía torpes, como los de San Gregorio y Santa Cruz de Valladolid, por la misma época.⁷³

A pesar de esto, no hay que dar a la cantería románica un peso excesivo en la totemotecnia renacentista, al menos en nuestro país. Estos primeros focos de Valencia y Valladolid se centran en tipos más góticos que románicos, como las bóvedas anervadas, los arcos esviados, las ventanas *en esquina y rincón* y los *caracoles de husillo*. También es significativa la evolución de los arcos *avanzados en bóveda*. En Francia, como ha señalado Pérouse de Montclos, lo usual en la Edad Media es la «pénétration extradossée», con la rosca del arco bien marcada con independencia del despiece de la bóveda; en cambio, en España son más frecuentes los arcos que continúan el despiece de la bóveda, como en Toro y Zamora. En el Renacimiento, la situación se invierte; en Francia, la norma es la «pénétration filée», coordinando el despiece de arco y bóveda, mientras que en España abundan los arcos con las roscas bien marcadas en relieve sobre la bóveda. Por poner otro ejemplo, la

⁷² Manuel GÓMEZ-MORENO, *Iglesias mozárabes. Arte español de los siglos IX a XI*, Madrid, Junta para Ampliación de Estudios, 1919, pp. 14-27. Es muy interesante el caso de Santo Tomás de las Ollas, donde la rotunda se descompone en paños por medio de aristas que pasan por la clave de los arcos, de manera que éstos se abren no en un cilindro sino en dos planos, como un *arco por esquina y rincón*; v. *ibid.*, pp. 220-224.

⁷³ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, pp. 181-82; Luis CERVERA VERA, *Arquitectura del Colegio Mayor de Santa Cruz de Valladolid*, Valladolid, Universidad de Valladolid, 1982, p. 56, planos 2 y 50; «La construcción del Colegio Mayor de Santa Cruz de Valladolid», en *La Introducción del renacimiento en España. El Colegio de Santa Cruz (1491-1991)*, Valladolid, Colegio de Arquitectos, 1992, pp. 101-123; Daniel BENITO GOERLICH, et al., «Valencia», *La España Gótica. Valencia y Murcia*, Madrid, Encuentro, 1989. No se puede descartar que uno o los dos arcos esviados de Santa Cruz de Valladolid procedan de reformas en los siglos XVII y XVIII; v. Fernando MARIAS, *El largo siglo XVI*, p. 254; Enrique RABASA DÍAZ, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, p. 146, y Daniel VILLALOBOS, «Proyectos de V. Rodríguez, J. Sagarvínaga y M. Godoy para la reforma del Colegio en el siglo XVIII», en *La Introducción del renacimiento en España. El Colegio de Santa Cruz (1491-1991)*, Valladolid, Colegio de Arquitectos, 1992, pp. 143-157, aunque éste último trata únicamente de la fachada.

distancia entre las aspilleras abocinadas de los ábsides de las iglesias románicas y los grandes huecos del tambor de la cúpula del Escorial o el presbiterio de la catedral de Granada es demasiado grande; más que en una recuperación hay que pensar en el redescubrimiento de una tradición de la que sólo existe un vago recuerdo.

La actitud de los maestros de cantería del Renacimiento hispánico y francés ante esta tradición medieval es doble. En su proceso por presunta mala administración de las obras reales tras la muerte de Enrique II y su caída en desgracia, De L'Orme se autoatribuye el mérito de «haber traído a Francia la manera de bien construir, desterrando los modos bárbaros y las gruesas juntas».⁷⁴ En lo relativo a la composición, se abandonan por completo las prácticas góticas, pero el maestro de Lyon no está dispuesto a olvidar el arte de los trazados, el saber de los canteros; antes bien, se propone afinarlo, con el utópico objetivo de convertir las gruesas llagas de la obra medieval en las líneas sin grosor de la geometría euclidiana.⁷⁵

La salida a esta situación se ve en la ciencia clásica, recuperada y potenciada por los matemáticos de la época, explicada por fin en las universidades; pero entre los maestros españoles y franceses este cambio se produce más por acumulación que por sustitución.⁷⁶ Como dice Morales, los conocimientos geométricos que se reflejan en el manuscrito de Hernán Ruiz son básicamente los de la «geometría fabrorum»; el maestro no tiene reparo en utilizar una técnica medieval de trazado como la de la inscripción o circunscripción de sucesivos cuadrados girados cuarenta y cinco grados, que aparece en Villard de Honnecourt o en Roriczer, aunque en última instancia derive de Vitruvio y Platón.⁷⁷ La aportación del Renacimiento a este acervo de raíz medieval consiste en la recuperación o

⁷⁴ Philibert de L'ORME, *Instruction*, p. 170: «avoir porté en France la façon de bien bastir, osté les façons barbares et grandes commissures», cit. por Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, «Présentation des traités», en Philibert de L'Orme, *Traité d'architecture*, París, Leonce Laget, 1988, p. 21; v. también Anthony BLUNT, *Philibert de l'Orme*, p. 21.

⁷⁵ V. Manuela MORRESI, «Philibert de L'Orme. Le patrie de la lingua», en Anthony BLUNT, *Philibert de L'Orme*, Milán, Electa, 1997, p. 163.

⁷⁶ Paul Oskar KRISTALLER, *Renaissance thought and its sources*, p. 148 de la trad. española; Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567, f 31 v.; Antonio de la BANDA Y VARGAS, *El arquitecto andaluz Hernán Ruiz II*, Sevilla, Universidad, 1974, pp. 69-70, 73-74.

⁷⁷ Marco VITRUVIO, *De architectura libri decem*, l. IV, cap. 1; VILLARD DE HONNECOURT, *Cuaderno*, lám 39 según la numeración de Omont; Rudolf WITTKOWER, «The changing concept of proportion», *Architects' Year Book*, 1953 (Ahora en *Idea and Image*, Londres, Thames and Hudson, 1978, pp. 114-115); José Antonio RUIZ DE LA ROSA, «El método de la cuadratura. Apreciaciones geométricas sobre el gótico», *Periferia*, 1987, pp. 62-69; Richard J. BETTS, «Structural Innovation and Structural Design in Renaissance Architecture», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1993, pp. 10-11, 22; Paul NAREDÍ-RAINER, «La bellezza numerabile: l'estetica architettonica di Leon Battista Alberti», en Joseph Rykwert, ed., *Leon Battista Alberti*, Milán, Electa, 1994, pp. 294-295; Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, pp. 138, 143.

redescubrimiento de una tradición románica que había sido olvidada en parte durante el período gótico, la ampliación del repertorio con multitud de combinaciones y variantes centradas en el arco de medio punto, y sobre todo la introducción de métodos de labra precisos y económicos con el apoyo de la geometría euclidiana, que más que procedimientos concretos de trazado aporta un anhelo de exactitud a veces desproporcionado, pero que va a caracterizar lo mejor de la producción canteril del Renacimiento hispánico.⁷⁸

3

El renacimiento de la ciencia

Aranda habla de *arrimarme a la dotrina que Vitrubio nos enseña en el primero capitulo de su primero libro donde dice que el arquitecto para ser perfecto no ha de carecer de los demás artes*; se está refiriendo, como es obvio, al más conocido de los pasajes vitruvianos, el que habla del arquitecto como perito en todas las ciencias, entre ellas la Aritmética, la Geometría, la Óptica y la Medicina, que en el Renacimiento da lugar al ideal de «pre-cognición» de Alberti y Scamozzi, a la incorporación de un amplio abanico de conocimientos como base del método de proyecto.⁷⁹ En realidad Aranda está parafraseando a Miguel de Urrea, que traduce «La architectura es una sciencia adornada de muchas disciplinas, y varia erudición» y más adelante vierte el texto de esta manera: «aquellos que professan ser architectos, han de ser ejercitados en lo uno y en lo otro, de manera que conuiene ser ingeniosos y faciles para deprender la sciencia».⁸⁰

Este planteamiento es típicamente renacentista. Panofsky señalaba que el Renacimiento abolió todas las barreras que mantenían las cosas separadas, pero también en orden, durante la Edad Media.⁸¹ Cosas que se mantenían separadas en la Edad Media eran los *oratores* y los *laboratores*, la vida contemplativa y la vida activa, la ciencia y el arte. En la Edad Media, el saber y el trabajo ocupaban compartimentos estancos.⁸² El autor del manuscrito anónimo *De Architectura* lo

⁷⁸ V. p. 193.

⁷⁹ Marco VITRUVIO, *De architectura libri decem*, l. I, cap. 1; Leon Battista ALBERTI, *De Re Aedificatoria*, Florencia, Nicolai Laurentii Alamani, 1485, l. I, cap. 1, p. 21 de la ed. de Orlandi; v. también Eugenio BATTISTI, «El método proyectual según el 'De Re Aedificatoria' de Leon Battista Alberti», *Il Sant'Andrea di Mantova e Leon Battista Alberti*, 1974, pp. 49-51 de la tr. española.

⁸⁰ Marco VITRUBIO, *De architectura, dividido en diez libros, traduzidos de latin en castellano por Miguel de Urrea architecto ...*, Alcalá de Henares, Iuan Gracian, 1582, f. 5 v.

⁸¹ Erwin PANOFSKY, *Renaissance and Renascences in Western Art*, Estocolmo, Almqvist, 1960 (Tr. española de Maria Luisa Balseiro, *Renacimiento y renacimientos en el arte occidental*, Madrid, Alianza, 1975, p. 263).

⁸² H. BUTTERFIELD, *The Origins of Modern Science*, G. Bell & Sons, 1958 (Tr. española de L. Castro, *Los orígenes de la ciencia moderna*, Taurus, Madrid, 1958, p. 134); Erwin PANOFSKY, *Renaissance and Renascences in Western Art*, pp. 205-206 de la trad. española.

dice con toda claridad: «para [poder ser arquitecto] ha de haber aprendido muchas artes de que con gran dificultad podrían tener noticia los que hubiesen empleado la mejor parte de su tiempo en aprender y ejercitar [un] oficio [...] mecánico».⁸³

Sin embargo, esta concepción es anacrónica; ya había comenzado a resquebrajarse en la Baja Edad Media. En el Renacimiento nace la idea de aplicar el saber al trabajo y la cabeza a las manos: a lo largo del siglo XVI irán surgiendo nuevos saberes en los que el mundo material no es considerado un mundo moralmente inferior al de las ideas puras; muy al contrario, las dos esferas entran en estrecha relación, las propiedades de la materia puedan ser medidas y pesadas y los conceptos puros de las matemáticas se ponen al servicio del conocimiento y la transformación del mundo físico.⁸⁴ Dicho de otro modo, éste es el momento de la aparición de un saber que se propone aplicar la ciencia matemática a la resolución de los problemas prácticos, del nacimiento de la técnica, de la invención del proyecto.

Catherine Wilkinson describe la formación científica y la práctica profesional de Juan de Herrera como distintas, y en cierto sentido opuestas al modelo centro-italiano del arquitecto artista, que se acepta sólo parcialmente en el norte de Italia, Francia y España.⁸⁵ La comparación es muy ilustrativa si se circunscribe a la segunda mitad del siglo XVI. Pero en realidad la línea de actuación de Herrera y Aranda nació en Italia; dado que en varias ocasiones se ha presentado la cantería quinientista española como un saber tardomedieval, anticlásico y anti-italiano, convendrá explorar estas raíces itálicas para obtener una visión más matizada de nuestra totemotecnica renacentista.

Como vimos más arriba, a partir de la época de Hugo de San Víctor y Leonardo Fibonacci surge una geometría práctica centrada ante todo en la medida, que encuentra su aplicación en el mundo del comercio; y también entre los mercaderes italianos, la aritmética encuentra su empleo práctico a partir del *Liber abaci* de Fibonacci, con la aparición de la contabilidad por partida doble y las

⁸³ ANÓNIMO, *De Architectura*, pp. 5-9.

⁸⁴ Paul Oskar KRISTALLER, *Renaissance thought and its sources*, p. 234; Antonio CAMPILLO, *La fuerza de la Razón. Guerra, Estado y ciencia en los tratados militares del Renacimiento, de Maquiavelo a Galileo*, Murcia, Universidad, 1987, pp. 270-271.

⁸⁵ Catherine WILKINSON ZERNER, *Juan de Herrera. Architect to Philip II of Spain*, New Haven, Yale University Press, 1993, p. 18. V. también de la misma autora «The new professionalism in the Renaissance», pp. 126, 135 de la trad. española. Sobre la situación en el norte de Italia, v. p. ej. Eugenio BATTISTI, «Historia del concepto de manierismo en arquitectura», *Bulletino del Centro Internazionale di Studi di Architettura 'Andrea Palladio'*, 1967 (Texto de una conferencia en el Centro di Studi Internazionale d'Architettura di Vicenza. Tr. española de Juan A. Calatrava en *En lugares de vanguardia antigua*, Madrid, Akal, 1993, p. 103), y Aurora SCOTTI, «Architetti e cantieri a Milano a metà del Cinquecento», en *Les Chantiers de la Renaissance*, pp. 239-247.

«escuelas de ábaco».⁸⁶ Al mismo tiempo, la noción de equilibrio entre la vida activa y la contemplativa, mantenida en algunos círculos humanistas, había tendido ya en el siglo XIV un puente entre la ciencia y la actividad diaria; en el XV, Marsilio Ficino coloca al arquitecto en un lugar equidistante entre la especulación platónica y la práctica, entre las ideas puras y la actuación sobre el mundo material.⁸⁷

No es de extrañar que sea en la Florencia de los banqueros donde resurge la concepción antigua del arquitecto como científico, que se conserva en Bizancio y atraviesa la Edad Media aunque sea de una forma un tanto trivial e ingenua.⁸⁸ Como se ha puesto de manifiesto en múltiples ocasiones, Filippo Brunelleschi es heredero de esta tradición, que se inscribe en las corrientes centrales del humanismo florentino: adquiere de Coluccio Salutati una colección de códigos de Euclides, Arquímedes, Ptolomeo y los científicos árabes y medievales. No se trata sólo de una opción personal, sino de una operación respaldada por el poder económico y político de la ciudad; los códigos pasan después a Cosme de Médicis.

El interés de Brunelleschi por la ciencia no responde a una mera curiosidad intelectual; en el centro de su quehacer está una idea nueva, casi revolucionaria: aplicar la ciencia no sólo para conocer el mundo, sino para transformarlo. De esta manera, encontramos en Brunelleschi a un personaje radicalmente opuesto tanto a los artesanos medievales como a los sabios recluidos en los monasterios primero y en las escuelas después. Un personaje que se trata con matemáticos, humanistas y príncipes, pero también con albañiles y canteros, que pone en práctica su saber científico para levantar cúpulas y ganar concursos, para experimentar con la óptica y la perspectiva, para utilizarlas como instrumentos de proyecto junto con la geometría; que se ocupa con pericia si no con éxito de fortalezas, barcos, diques, andamios, grúas, teleféricos, órganos y máquinas teatrales.⁸⁹ Es significativo que

⁸⁶ Guy BEAUJEAN, «La science dans l'occident médiéval chrétien», en *La science antique et medievale*, pp. 630-631 de la ed. de 1994; V. también José Antonio MARAVALL, *Antiguos y modernos*, p. 565 sobre aritmética y contabilidad en la España del siglo XVI y el papel de Juan Pérez de Moya, y Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, p. 177, que plantea la relación de los constructores con las «escuelas de ábaco» italianas en el siglo XIV y vincula el empleo de la Aritmética en la construcción a partir del siglo XVI en el resto de Europa y concretamente en Rodrigo Gil de Hontañón con la extensión del Clasicismo.

⁸⁷ André CHASTEL, *Art et humanisme a Florence au temps de Laurent le Magnifique*, p. 150 de la trad. española.

⁸⁸ V. William L. MACDONALD, «Los arquitectos romanos», en Spiro Kostof, ed., *The Architect. Chapters in the history of the profession*, p. 58 de la trad. española; Spiro KOSTOF, «El arquitecto en la Edad Media, en Oriente y Occidente», *ibid*, p. 68; Jean GIMPEL, «Villard d' Honnecourt, arquitecto e ingeniero», en *Carnet de Villard d'Honnecourt*, París, Stock, 1986 (Tr. española de Yago Barja de Quiroga, *Villard d'Honnecourt. Cuaderno*, Madrid, Akal, 1991, pp. 31-43)

⁸⁹ Giorgio VASARI, *Le vite de' piú eccelenti architetti, pittori et scultori italiani*, Florencia, Lorenzo Torrentino, 1550, pp. 295, 306, 319-320; Erwin PANOFKY, «Die Perspektive als 'Symbolische Form'», pp. 45-49 de la trad. esp.; *Renaissance and Renascences in Western Art*, pp. 185-189, 206; Giulio Carlo ARGAN, *Brunelleschi*,

dos obras de Brunelleschi estén entre las raras piezas italianas anteriores a Guarini que llevan a la práctica lo que después sería el repertorio de De L'Orme, Vandelvira y Aranda: el *Arco viaje contra viaje* de la puerta del Parlascio en Pisa y el *caracol exento* del púlpito de Santa Maria Novella de Florencia.⁹⁰

Como ha señalado Pamela Long, esta concepción de la arquitectura como actividad que une la teoría a la práctica aparece más o menos explícitamente en Filarete y Francesco de Giorgio y llega hasta un humanista del siglo siguiente como Daniele Barbaro.⁹¹ Di Giorgio expresa, por primera vez en nuestro campo, la complejidad de las relaciones bidireccionales entre concepción y ejecución:

la arquitectura es sólo una sutil imaginación concebida en la mente que en la obra se manifiesta. Es de señalar que la razón no puede prever todo, porque el ingenio consiste más en la mente y en el intelecto del arquitecto que en escritura o diseño, y muchas cosas suceden de hecho en las cuales el arquitecto o constructor no pensó. Y por eso es necesario que el arquitecto sea práctico y sabio, memorioso y que haya leído y visto muchas cosas y que esté preparado para las cosas que pueden surgir.⁹²

Milán, Mondadori, 1955 (Tr. española de Juan Bassegoda Nonell, *Brunelleschi*, Madrid, Xarait, 1981, pp. 25, 27-29, 50, 59-60, 71, 75-77, 132-133); Bernard GILLES, *Les ingénieurs de la Renaissance*, París, Hermann, 1964, p. 62; Eugenio GARIN, *Scienza e vita civile nel Rinascimento italiano*, Roma-Bari, Laterza, 1965 (Tr. española de Ricardo Pochtar, *Ciencia y vida civil en el Renacimiento italiano*, Madrid, Taurus, 1982, p. 103); Rudolf WITTKOWER, «Brunelleschi and 'Proportion in Perspective'», *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, 1953 (Ahora en *Idea and Image*, Londres, Thames and Hudson, 1978, pp. 132-133); André CHASTEL, *Art et humanisme a Florence au temps de Laurent le Magnifique*, p. 33 de la trad. española; Eugenio BATTISTI, «Bramante, creador del espacio moderno», *Il veltro*, 1975 (Tr. española de Juan A. Calatrava en *En lugares de vanguardia antigua*, Madrid, Akal, 1993, p. 90); *Filippo Brunelleschi*, Milán, Electa, 1976, pp. 20, 22, 88, 102-113, 114, 117, 132, 134-135, 230-233, 248, 256, 262-264, 300-307; *Una entrevista a Filippo Brunelleschi*, 1977 (Broma preparada para una exposición de planos de la cúpula de Santa Maria del Fiore; tr. española de Juan A. Calatrava en *En lugares de vanguardia antigua*, Madrid, Akal, 1993, pp. 32-37); Philippe POTIE, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, p. 152.

⁹⁰ Eugenio BATTISTI, *Filippo Brunelleschi*, Milán, Electa, 1976, pp. 230-233, 292-293.

⁹¹ Pamela O. LONG, «The contribution of architectural writers to a 'scientific' outlook in the fifteenth and sixteenth centuries», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, 1985, pp. 273-281, 292-295. V. también Bernard GILLES, *Les ingénieurs de la Renaissance*, pp. 93-106; Manuela MORRESI, «Philibert de L'Orme. Le patrie de la lingua», en Anthony BLUNT, *Philibert de L'Orme*, Milán, Electa, 1997, pp. 183, especula sobre el conocimiento por parte de Philibert de L'Orme de la obra manuscrita de Francesco di Giorgio Martini, lo que podría explicar el origen de la concepción delormiana de la arquitectura como saber teórico y práctico a la vez.

⁹² Francesco di GIORGIO MARTINI, *Codice Torinese Saluzziano 148* (Ed. Corrado Maltese y Livia Maltese Degrassi, *Trattati di architettura, ingegneria e arte militare*, Milán, Il Polifilo, 1967, p. 36): «l' architettura è solo una sottile immaginazione concetta in nella mente la quale in nell'opra si manifesta. Anco è da notare che d'ogni e ciascuna cosa non si può la ragione assegnare, perché lo ingegno consiste più in nella mente e in nello intelletto del architetto che in inscrizione o disegno, e molte cose accade in fatto le quali l'architetto overo operatore mai pensò. E imperò bisogna che esso architetto sia pratico e sciente, memorioso e che abbi letto e veduto molte cose e alla cosa che segue essare preparato». V. también *ibid.*, p. 142.

La posición de Alberti en estas cuestiones no se puede reducir a fórmulas simplistas. En *De re Aedificatoria* sistematiza la experiencia brunelleschiana y dedica el primer libro al dibujo, el segundo a los materiales, el tercero a la construcción; la arquitectura se compone de «lineamentis», pero también de «structura».⁹³ Por otra parte, la teoría albertiana del arte y de la arquitectura tiene una base científica: su primer deseo es que el pintor sepa geometría;⁹⁴ por un período relativamente breve se abre una brecha en las barreras que separan lo que hoy llamamos técnica, el mundo de lo útil, de lo que se entiende en nuestros días por arte.⁹⁵ No es diferente la base de su método compositivo:⁹⁶ concibe el proyecto como paso previo a la realización de la edificación con una forma definida y precisa, pues sigue obsesionado con la exactitud geométrica y científica como Brunelleschi.⁹⁷ Así, la corrección visual y la seguridad estática se equiparan con la

⁹³ Anthony BLUNT, *Artistic theory in Italy, 1450-1600*, pp. 20, 22-23 de la trad. española; Pamela O. LONG, «The contribution of architectural writers to a 'scientific' outlook in the fifteenth and sixteenth centuries», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, 1985, p. 272, expresa la complejidad de la postura de Alberti: si por una parte «carefully separated the architect, whom he considered a rational designer, from the actual construction of the building» por otra dice que «Nevertheless, his own involvement with practice and practitioners [...] of construction) could not have been as distant as some of his explicit statements suggest».

⁹⁴ Julius von SCHLOSSER, *Die Kunstliteratur*, p. 123 de la trad. española; Eugenio GARÍN, *Il Rinascimento italiano*, p. 152 de la trad. española; Rudolf WITTKOWER, «Brunelleschi and 'Proportion in Perspective'», *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, 1953 (Ahora en *Idea and Image*, Londres, Thames and Hudson, 1978, pássim y esp. pp. 126-127, 132); André CHASTEL, *Art et humanisme a Florence au temps de Laurent le Magnifique*, p. 301 de la trad. española. Cf. H. BUTTERFIELD, *The Origins of Modern Science*, p. 63 de la trad. española y v. también Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 492. A juzgar por Luca Pacioli, esto no es retórica vacía: los artistas «siempre con el libro y el compás proporcionando, su obra llevan a proporción admirable»; v. André CHASTEL, *Art et humanisme a Florence au temps de Laurent le Magnifique*, p. 118 de la trad. española.

⁹⁵ André CHASTEL, *Art et humanisme a Florence au temps de Laurent le Magnifique*, p. 33 de la trad. española; sobre las actividades de Alberti como geómetra, topógrafo, rebotador de naves y diseñador de edómetros para las ruedas de los carros, v. Leopold D. ETTLINGER, «La aparición del arquitecto italiano durante el siglo XV», en Spiro Kostof, ed., *The Architect. Chapters in the history of the profession*, Nueva York, Oxford University Press, 1977 (tr. esp. de Margarita Suárez Carreño, *El arquitecto. Historia de una profesión*, Madrid, Cátedra, 1984, p. 80); Gustina SCAGLIA, «Alberti e la meccanica della tecnologia descritta nel 'De re aedificatoria' e nei 'Ludi matematici'», en Joseph Rykwert, ed., *Leon Battista Alberti*, Milán, Electa, 1994, pp. 316-329; Maria KARVOUNI, «Il ruolo della matematica nel 'De Re aedificatoria' dell' Alberti», *ibid.* p. 286. Una opinión contraria parece sostener Fernando CHECA, «Los ingenieros del Renacimiento y la mentalidad clasicista», en *Herrera y el clasicismo*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1986, p. 33.

⁹⁶ Eugenio BATTISTI, «Bramante, creador del espacio moderno», p. 90 de la trad. española; «El método proyectual según el 'De Re Aedificatoria' de Leon Battista Alberti», p. 56 de la tr. española.

⁹⁷ Leon Battista ALBERTI, *De re Aedificatoria*, l. I, cap. 1, pp. 19, 21 de la ed. de Orlandi; v. también l. II, cap. 1, p. 99; Giulio Carlo ARGAN, *Brunelleschi*, Milán, Mondadori, 1955, p. 142 de la trad. española; Eugenio BATTISTI, «El método proyectual según el 'De Re Aedificatoria' de Leon Battista Alberti», *Il Sant'Andrea di Mantova e Leon Battista Alberti*, 1974 (Tr. española de Juan A. Calatrava, *En lugares de vanguardia antigua*, Madrid, Akal, 1993, pp. 44-45, 60, 62); Pamela O. LONG, «The contribution of architectural writers to a 'scientific' outlook in the fifteenth and sixteenth centuries», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, 1985, p. 285.

precisión del trazado, la razón con la geometría. Pero oigámoslo de boca del propio Alberti:

Toda la arquitectura consiste en el diseño y la construcción. La fuerza y razón del diseño se basa en hacer que las líneas y ángulos que definen y encierran las superficies del edificio se unan de forma correcta y precisa. Es también don y misión del diseño establecer el lugar adecuado y la dimensión exacta de los edificios y sus partes [...] de modo que toda la forma y figura del edificio se encuentre ya en el propio diseño.⁹⁸

Esto es lo que le lleva a proponer como sistema de representación del arquitecto, no la perspectiva lineal del pintor, sino la vieja proyección ortogonal de los canteros, que puede representar en verdadera magnitud la música de las proporciones armónicas sin discordancias. Para esto será imprescindible expulsar del sistema las soluciones aproximadas de los maestros medievales, que representan con desparpajo los planos oblicuos en verdadera magnitud. Nace así un anhelo de exactitud euclidiana que probablemente está en la raíz de algunas soluciones muy sofisticadas de De L'Orme, Vandelvira y Aranda, como la que les lleva a calcular la curvatura casi imperceptible de las testas de las piezas *en torre redonda y cavada*.⁹⁹

Pero por otra parte, la idea albertiana de distinción entre diseño y realización será entendida a lo largo del siglo XVI, tanto en Italia como en España, como separación radical entre concepción y ejecución, en abierta contradicción con el modelo de Francesco di Giorgio según el cual la realización es condición esencial de la validez de la idea y las «cosas que pueden surgir» llegan a exigir la intervención del arquitecto y la revisión de la idea original.

También están presentes ya en el siglo XV dos vectores que a la larga actuarán desde dentro contra este sistema que concibe la arquitectura como ciencia aplicada. Por una parte, se observan rasgos de una cierta trivialización del interés de Brunelleschi por la ciencia; reaparecen en Alberti los *Ludi matematici*, trasunto de los ángeles y águilas automáticos de Villard de Honnecourt.¹⁰⁰ Por otra, como ciencia, arquitectura y pintura forman una unidad que encuentra su última razón en el mundo platónico de las ideas absolutas, la arquitectura encuentra una base

⁹⁸ Leon Battista ALBERTI, *De Re Aedificatoria*, l. I, cap. 1, p. 19 de la ed. de Orlandi: «Tota res aedificatoria lineamentis et structura constituta est. Lineamentorum omnis vis et ratio consumitur, ut recta absolutaque habeatur via coaptandi iungendique lineas et angulos, quibus aedificii facies comprehendatur atque concludatur. Atqui est quidem lineamenti munus et officium praescribere aedificiis et partibus aedificiorum aptum locum et certum numerum dignumque modum et gratum ordinem, ut iam tota aedificii forma et figura ipsis in lineamentis conquiescat». V. Eugenio BATTISTI, «El método proyectual según el 'De Re Aedificatoria' de Leon Battista Alberti», p. 73 de la tr. española.

⁹⁹ V. p. 87 del Tomo II.

¹⁰⁰ Jean GIMPEL, «Villard d' Honnecourt, arquitecto e ingeniero», en *Villard d'Honnecourt. Cuaderno*, París, Stock, 1986 (Tr. española de Yago Barja de Quiroga, *Villard d'Honnecourt. Cuaderno*, Madrid, Akal, 1991, pp. 31-43)

Figura 168. Leon Battista Alberti, De punctis et lineis apud pictores.

Figura 169. Juan de Arfe y Villafañe, De varia conmesuración ... f. 18 y 30 v.

común con la pintura y la escultura; se abre así el camino que dará lugar a una reducción gradual de los valores plásticos de la arquitectura a los figurativos y lineales de la pintura.¹⁰¹

Aranda pudo tener noticia de esta concepción quattrocentista de la arquitectura como aplicación práctica de saberes científicos; hay que suponer que conoció la traducción de Lozano de *Los diez Libros de Architectura*, por el léxico que emplea en los *Cerramientos*: AREA, PARTICION y los inconfundibles LINIAMIENTOS. Otra posible vía de conocimiento viene dada por los artistas italianos o españoles venidos de Italia que trabajan en la Andalucía de principios de siglo, y especialmente Jacopo Torni, florentino, que debió de estar relacionado con Juan de Marquina, que a su vez trabaja en Alcalá la Real a mediados de la centuria. La bóveda de la sacristía de la catedral de Murcia, construida durante la maestría de Torni, se puede relacionar con la de la capilla Pazzi o la sacristía vieja de San Lorenzo de Florencia, del mismo modo que la planta de la capilla de Gil Rodríguez de Junterón en la misma catedral puede derivar de los nichos perimetrales de la iglesia florentina de Santa Maria degli Angeli, o los capiteles de San Jerónimo de Granada de los de la sacristía de Santo Spirito, obra de Giuliano de Sangallo, el heredero de Brunelleschi; pero por otra parte, no se puede olvidar la condición de pintor de Torni, ni su amistad juvenil con Miguel Angel, que lo llama a colaborar con él en la bóveda de la Sixtina.¹⁰² De tal manera, las relaciones directas de Aranda con la cultura del Quattrocento son demasiado débiles como para suponer que la idea de la arquitectura como ciencia llegara a Aranda por esa vía.

Debemos buscar en otro sitio; desde luego, no en la Italia del quinientos. Si en el siglo XV la pintura y la arquitectura reciben impulso sustancial de la perspectiva cónica, una aplicación práctica de la geometría y la óptica cuya potencia atraviesa la centuria hasta llegar a la época de Bramante y Leonardo, con éste último la geometría comparte el lugar de privilegio con la anatomía,¹⁰³ que en adelante será

¹⁰¹ Rudolf WITTKOWER, «Brunelleschi and 'Proportion in Perspective'», *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, 1953 (Ahora en *Idea and Image*, Londres, Thames and Hudson, 1978, p. 134); Arnaldo BRUSCHI, *Bramante*, Londres, Thames and Hudson, 1973 (Tr. española de Rosario Ochoa y Consuelo Luca de Tena, *Bramante*, Madrid, Xarait, 1987, p. 78).

¹⁰² Giorgio VASARI, *Le vite de' più eccellenti architetti...* 1550, p. 963; Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, Murcia, Consejería de Cultura, 1987, pp. 135-137, 161-188.

¹⁰³ Francesco di GIORGIO MARTINI, *Codice Torinese Saluzziano 148*, lám. 28 de la ed. de 1967; Anthony BLUNT, *Artistic theory in Italy, 1450-1600*, pp. 25, 38 de la trad. española; Eugenio GARIN, *Scienza e vita civile nel Rinascimento italiano*, pp. 107-108 de la trad. española; Eugenio BATTISTI, «Bramante, creador del espacio moderno», p. 90 de la trad. española; Juan Antonio RAMÍREZ, *Construcciones ilusorias. Arquitecturas descritas, arquitecturas pintadas*, Madrid, Alianza, 1983, p. 69; Fernando CHECA, «Los ingenieros del Renacimiento y la mentalidad clasicista», en *Herrera y el clasicismo*, Valladolid, Junta de Castilla y León,

la fuerza dinamizadora más potente, extendiendo su influjo a la pintura y a la escultura por supuesto, pero también a la arquitectura con Miguel Angel.¹⁰⁴ Esta primacía de la anatomía diluirá el papel de la geometría, muy fuerte en el siglo XV y comienzos del XVI, y la piedra angular de las artes, incluida la arquitectura, será el dibujo pero no la geometría ni la mecánica; incluso la proporción pierde su papel central en Miguel Angel.¹⁰⁵ Antonio de Sangallo el joven, arquitecto profesional procedente de una familia de gran experiencia constructiva heredera de la tradición brunelleschiana, constructor de las cimbras de San Pedro y del pozo de San Pancrazio de Orvieto, que emplea cálculos trigonométricos en la Porta Santo Spirito de Roma, autor de espléndidos arcos *avanzados* y abocinados en el atrio del palacio Farnese, será despreciado por Miguel Angel y Cellini;¹⁰⁶ el modelo de arquitecto científico del cuatrocientos cae en el olvido y deja paso al arquitecto artista; a finales del siglo Zuccari sostendrá que la arquitectura, la escultura y la pintura son una única ciencia.¹⁰⁷

1986, pp. 33-34. V. André CHASTEL, *Art et humanisme a Florence au temps de Laurent le Magnifique*, pp. 306, 301 de la trad. española, que pone de manifiesto que Leonardo llega a un callejón sin salida y comienza a dudar sobre la aplicación de la matemática al arte.

¹⁰⁴ Anthony BLUNT, *Artistic theory in Italy, 1450-1600*, pp. 76, 78, 90 de la trad. española; James S. ACKERMAN, *The Architecture of Michelangelo*, Londres, Zwemmer, 1961, pp. 37-52 de la 2ª ed. de Pelican; Eugenio GARÍN, *Scienza e vita civile nel Rinascimento italiano*, Roma-Bari, Laterza, 1965, pp. 107-108 de la trad. española; André CHASTEL, *Art et humanisme a Florence au temps de Laurent le Magnifique*, pp. 321-324 de la trad. española; Pietro C. MARANI, «Leonardo e Leon Battista Alberti», en Joseph Rykwert, ed., *Leon Battista Alberti*, Milán, Electa, 1994, p. 358. Para el influjo de esta concepción en Juan de Arfe, v. José Antonio MARAVALL, *Antiguos y modernos. La idea del progreso en el desarrollo de una sociedad*, Madrid, 1966, p. 491 de la ed. de 1986.

¹⁰⁵ Anthony BLUNT, *Artistic theory in Italy, 1450-1600*, pp. 148-149 de la trad. española; James S. ACKERMAN, «Architectural practice in the Italian Renaissance», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1954, p. 9; André CHASTEL, *Art et humanisme a Florence au temps de Laurent le Magnifique*, p. 487 de la trad. española; Maria CALÍ, *Da Michelangelo all' Escorial*, Turín, Einaudi, 1980, pp. 90-91, 111 de la trad. española; Pamela O. LONG, «The contribution of architectural writers to a 'scientific' outlook in the fifteenth and sixteenth centuries», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, 1985, p. 266.

¹⁰⁶ Charles de TOLNAY, *Michelangelo. Pittore, scultore, architetto*, Florencia, 1951, p. 113-115, de la trad. española, si bien en la p. 112 señala la influencia de ciertas ideas de Antonio de Sangallo el joven sobre Miguel Angel; James S. ACKERMAN, «Architectural practice in the Italian Renaissance», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1954, pp. 3, 5; Bernard GILLES, *Les ingénieurs de la Renaissance*, pp. 108-111; Wolfgang LOTZ, «El Cinquecento», p. 310, 319, 328 de la trad. española; Catherine WILKINSON, «The new professionalism in the Renaissance», p. 135 de la trad. española; «The career of Juan de Minjares and the Reform of Spanish architecture under Philip II», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1974, p. 132; Manfredo TAFURI, *L'Architettura dell' Umanesimo*, Bari, Laterza, 1969 (Tr. esp. de Víctor Pérez Escolano, *La arquitectura del Humanismo*, Madrid, Xarait, 1978, p. 55). Sobre Sangallo y De L'Orme, v. Manuela MORRESI, «Philibert de L'Orme. Le patrie de la lingua», en Anthony BLUNT, *Philibert de L'Orme*, Milán, Electa, 1997, pp. 174-175.

¹⁰⁷ Erwin PANOFSKY, «Das erste Blatt aus dem 'Libro' Giorgio Vasaris; eine Studie über der Beurteilung der Gotik in der italienischen Renaissance mit einem Exkurs über zwei Fassaden-projekte Domenico Beccafumis», *Städte-Jahrbuch*, 1930 (Tr. esp. de Nicanor Ancochea, «La primera página del libro de Giorgio Vasari», en *El significado en las artes visuales*, Madrid, Alianza Forma, 1979, p.225); Rudolf WITTKOWER, *Architectural Principles in the Age of Humanism*, Londres, Warburg Institute, 1949 (4ª ed.

Figura 170. Michelangelo Buonarroti. Revestimiento de la sala de lectura de la Biblioteca Laurenziana. Florencia.

Figura 171. Juan de Herrera. Dibujo de las torres de la Basílica de San Lorenzo de El Escorial.

Este segundo modelo es bien conocido: se basa en el intento de colocar a la pintura, la escultura y la arquitectura sobre una base teórica común, hecho posible por el dibujo como instrumento de concepción común a las tres artes, lo que permite presentarlas como disciplinas intelectuales y no mecánicas. Como expone Stefano Ray, ser pintor primero y arquitecto después era en Italia una práctica habitual propiciada no sólo por una formación artística general, por la capacidad de crear lo bello, ni por los conocimientos de arquitectura que desplegaban pintores, escultores y orfebres en los fondos o en las mismas estructuras de sus obras, sino también por una capacidad económica, una presencia en el mercado y unas oportunidades de acceso al cliente derivadas del ejercicio de la pintura o la escultura. Evidentemente esta posibilidad se apoyaba en una concepción de las artes según la cual éstas no son actividades de carácter diverso, y un artista lo es en el sentido más amplio de la palabra. En último término, la tensión entre talento y genio, entre maestría técnica y artística se resuelve a favor de la segunda.¹⁰⁸

El papel que le corresponde a la ciencia y a la técnica en este modelo es muy secundario. A partir de este momento se entiende que las «demás artes», lo que hoy denominamos ciencia, son competencia del arquitecto, pero que pertenecen a un campo claramente separado de la arquitectura.¹⁰⁹ Miguel Angel podrá hacer diseños de fortificaciones, o Ammanni construir autómatas como los que fabrica Juanelo Turriano en Yuste para entretener al César Carlos, pero de ninguno de los dos se puede decir que emplea la ciencia al servicio de la arquitectura.¹¹⁰

El modelo penetra en España, y especialmente en Andalucía, en el segundo cuarto del siglo XVI. Pese a todo lo que se ha dicho en otro sentido, la figura del

inglesa, Londres, Academy, 1973, pp. 70-76, 101-154 y esp. p. 137); James S. ACKERMAN, «Architectural practice in the Italian Renaissance», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1954, p. 4; Manfredo TAFURI, *L'Architettura del Umanesimo*, pp. 30, 56 de la trad. española; Wolfgang LOTZ, «El Cinquecento», p. 521 de la trad. española.

¹⁰⁸ James S. ACKERMAN, «Architectural practice in the Italian Renaissance», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1954, p. 3; Stefano RAY, *Rafaello architetto*, Bari, Laterza, 1974, p. 25; Catherine WILKINSON, «The new professionalism in the Renaissance», p. 135 de la trad. española; en cuanto a España, v. Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 72-73; *El largo siglo XVI*, p. 510. Especial interés tiene J. R. HALE, *Renaissance fortification: Art or Engineering?*, Londres, Thames and Hudson, 1977, pp. 12, 13, 14 y James S. ACKERMAN, *The Architecture of Michelangelo*, Londres, Zwemmer, 1961, pp. 120-135 de la 2ª ed. Pelican, que exponen un caso singular de esta situación: los arquitectos artistas, desde Giotto y Andrea Pisano a Bramante y Miguel Angel, como diseñadores de fortificaciones.

¹⁰⁹ Manfredo TAFURI, *L'Architettura del Umanesimo*, pp. 65, 126 de la trad. española.

¹¹⁰ Charles de TOLNAY, *Michelangelo. Pittore, scultore, architetto*, Florencia, 1951, pp. 42-43, 11-112; Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 137, 146. John SHEARMAN, *Mannerism*, Harmondsworth, Penguin, 1967 (Tr. española de Justo González Beramendi, *Manierismo*, Madrid, Xarait, 1984, p. 161) señala que en el prólogo de Bernardino Baldi a su edición de 1589 del *Tratado de los autómatas* de Herón se explica que la principal virtud de estas máquinas maravillosas es su falta de utilidad.

arquitecto-artista no era extraña a la tradición medieval,¹¹¹ y al llegar el Renacimiento se acepta con relativa facilidad. Los orfebres y entalladores articulan sus obras mediante órdenes arquitectónicos; los bordadores labran los ternos «al romano»; los pintores pueblan de arquitecturas sus fondos.¹¹² Las figuras clave del Renacimiento granadino, Torni, Siloé, Machuca, responden al mismo patrón: pintores y escultores italianos o formados en Italia, que como diría Ray obtienen primero una posición social, una disponibilidad económica y una presencia en el mercado, y poniéndolos en juego acceden a la posición de arquitecto.¹¹³ La sombra de los tres planea sobre Alcalá la Real, a medio camino entre Granada y Córdoba: Martín de Bolívar había trabajado con Siloé, Juan de Marquina con Francisco Florentín, con Machuca y muy probablemente con Torni.¹¹⁴ Aranda debía de conocer y asumir en parte esta manera de entender la arquitectura y, lo que es más significativo, algunos de sus clientes lo veían así; no en vano actuó como tracista de retablos y fue llamado a tasar la sillería del coro catedralicio de Santiago de Compostela, actividades completamente alejadas de su formación inicial como cantero; detrás de obras aparentemente tan humildes como la «culebra» que ejecuta para Pedro Hernández de Jaén quizá se esconda un encargo escultórico.¹¹⁵ Probablemente seguía en esto una tradición familiar que arrancaría de Diego de Aranda, tracista del retablo de Guadahortuna y autor de obras granadinas como un Calvario, ahora en la iglesia del Sagrario, el primer retablo de Nuestra Señora de la Antigua y el relieve de la imposición de la casulla a San Ildefonso en la iglesia homónima.¹¹⁶ Pero no pertenecía a este grupo de artistas, y precisamente es su

¹¹¹ Leopoldo TORRES BALBÁS, *Arquitectura Gótica*, p. 326; Joaquín YARZA, *Baja Edad Media. Los siglos del Gótico*, Madrid, Sílex, 1992, p. 69.

¹¹² V. Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 159, 217; Alfredo J. MORALES, «La otra arquitectura», *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, pp. 181-212. y Juan Miguel SERRERA CONTRERAS, «'Ut pictura, architectura'. La arquitectura en la pintura del Renacimiento Andaluz», *ibid.*, pp. 213-243; Arsenio MORENO, *Úbeda Renacentista*, Madrid, Electa, 1993, p. 41.

¹¹³ Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo, t. I*, p. 91-92; «El problema del arquitecto ...», p. 202; del mismo autor, «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 250; *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*, Madrid, Sílex, 1992, p. 148; Roberto PANE, «Gli scambi con la Spagna: scultori e architetti», en *Firenze e la Toscana dei Medici nell'Europa del Cinquecento. Il potere e lo spazio. La scena del Principe*, Florencia, Edizione Medicee, 1980, pp. 105-116; Alfredo J. MORALES, «Italia, los italianos y la introducción del Renacimiento en Andalucía», en *Reyes y mecenas*, Madrid, Ministerio de Cultura, 1992, pp. 177-197.

¹¹⁴ Concepción FÉLEZ LUBELZA, «Francisco Florentino. Nuevas observaciones sobre la presencia italiana ... », en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, Universidad de Granada, 1976, pp. 278-279; Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, p. 61; Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento en torno a la Real Abadía de Alcalá la Real*, Granada - Alcalá la Real, Universidad - Ayuntamiento, 1991, pp. 226-234.

¹¹⁵ V. p. 69.

¹¹⁶ Antonio GALLEGO BURÍN, *Granada. Guía histórica y artística de la ciudad*, Granada, 1936, pp. 132, 250, 268, 314 de la ed. de 1993; Juan Antonio GARCÍA GRANADOS, «La iglesia parroquial de Guadahortuna», *Cuadernos de Arte*, 1984, pp. 133-134, 137; José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, *Las iglesias de las*

formación como cantero la que está en la base de lo más significativo de su obra construida y sobre todo de su manuscrito.

Con el paso del tiempo se ha llegado a presentar este modelo de las artes y la arquitectura como el único posible, pero no lo es; no era aceptado de forma unánime en el siglo XVI, ni siquiera en Italia como vemos. El modelo es en cierta forma antivitruviano; separa de la edificación tres de los diez libros de Vitruvio, la gnomónica y la mecánica, dos de las tres partes de la arquitectura, distancia la arquitectura de la tecnología y la acerca a las artes figurativas.¹¹⁷ En Italia se le oponen no sólo los científicos y los ingenieros, sino un teórico de la arquitectura como Daniele Barbaro.¹¹⁸ Mientras los artistas italianos reniegan de cualquier contacto con la mecánica, paradigma de los oficios viles,¹¹⁹ Tartaglia, un matemático, incluye la Arquitectura entre las ciencias, en un recinto guardado por Euclides.¹²⁰

La resistencia al modelo la encontramos también en la España de la segunda mitad del siglo XVI, pero no se limita a los científicos e ingenieros, debido a una serie de factores específicamente españoles. Las necesidades de ámbitos muy distintos que afronta la monarquía hispana en el siglo XVI han puesto súbitamente sobre el tapete la necesidad de aplicar la ciencia abstracta a las cuestiones prácticas. El tráfico con América, obvio es decirlo, exige y provoca avances en la navegación,

Siete Villas (Colomera, Guadahortuna, Illora, Iznalloz, Moclín, Montefrío y Montejicar), Granada, Fundación Rodríguez Acosta, 1989, pp. 84-91, 102-103.

¹¹⁷ VITRUVIO, *De architectura libri decem*, l. I, cap. III, y l. VIII, IX y X. V. J. R. HALE, *Renaissance fortification: Art or Engineering?*, p. 20; Catherine WILKINSON ZERNER, *Juan de Herrera. Architect to Philip II of Spain*, New Haven, Yale University Press, 1993, pp. 15-17. Sobre la veneración de Vitruvio en el círculo de Herrera, v. René TAYLOR, «Juan Bautista Villalpando y Jerónimo Prado: de la arquitectura práctica a la reconstrucción mística», en *Dios Arquitecto*, Madrid, Siruela, 1991 (Volumen de ensayos acompañando a la reedición de Juan Bautista Villalpando, «In Ezechielem explanationes...»). Reimpresión como libro independiente, 1994, p. 178) y Juan Antonio RAMÍREZ, «Evocar, reconstruir, tal vez soñar (El templo de Jerusalén en la historia de la Arquitectura)», *ibid.*, pp. 33-34.

¹¹⁸ Pamela O. LONG, «The contribution of architectural writers to a 'scientific' outlook in the fifteenth and sixteenth centuries», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, 1985, pp. 292-295.

¹¹⁹ Anthony BLUNT, *Artistic theory in Italy, 1450-1600*, Oxford, Oxford University Press, 1940 (Tr. española de la 2ª ed. de 1956 de Jose Luis Checa Cremades, *La teoría de las artes en Italia, 1450-1600*, Madrid, Cátedra, 1979, 68-72). Para el reflejo de esta actitud en España y la reacción frente a ella, v. Fernando MARÍAS, «El problema del arquitecto ...», pp. 179, 183-84; del mismo autor, *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*, pp. 128-134.

¹²⁰ Fernando CHECA, «Los ingenieros del Renacimiento y la mentalidad clasicista», en *Herrera y el clasicismo*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1986, pp. 34; Catherine WILKINSON ZERNER, *Juan de Herrera*, pp. 19-20. V. también Alicia CÁMARA MUÑOZ, «La arquitectura militar y los ingenieros de la monarquía española: aspectos de una profesión. (1530-1650)», *Revista de la Universidad Complutense*, 1981, p. 256, y Antonio BONET CORREA, *Qué es un tratado de arquitectura, o la biblioteca ideal del perfecto arquitecto y del constructor práctico*, Madrid, Biblioteca Nacional, 1981. (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, pp. 16, 20).

la cartografía, la medida de latitudes y longitudes.¹²¹ Pero además hay que contar con un factor casi anecdótico: el tratado de Tordesillas ha dividido el mundo entre españoles y portugueses por un círculo máximo que pasa a trescientas ochenta leguas al oeste de Cabo Verde, pero la época no dispone de un instrumento fiable para medir longitudes geodésicas. Entre falsificaciones de mapas y secretos cartográficos, el problema de las «longitudes» pasa de ser un inocente pasatiempo científico a un problema de alta política; no es de extrañar que Herrera se ocupe de él.¹²²

En otros frentes, la guerra se libra con cañones. Como es sabido, desde la campaña italiana de Carlos VIII de Francia a finales del siglo XV, la artillería y por tanto la incipiente balística ocupan un lugar privilegiado en los campos de batalla.¹²³ Esta evolución del arte de la guerra da lugar a una mutación paralela en la arquitectura militar y a la aparición de los primeros tratados españoles de fortificación, que pretenden basarse en la aritmética y la geometría, pero también en la experiencia práctica. Para los ingenieros, como para los científicos, sus respectivas disciplinas no son un conjunto de reglas inmutables, sino un punto de partida; los cambios en el arte de la guerra o el nuevo balance de poder en Europa y en el Mediterráneo imponen nuevos sistemas de ataque y defensa desconocidos para los antiguos. Es el momento de aplicar la geometría a la experimentación y el diseño de nuevos tipos de armas y fortalezas; en palabras de Cristóbal de Rojas:

todas las medidas y defensas de fortificación, que están escritas de los Ingenieros antiguos, no nos sirven en este tiempo [...] porque los antiguos hicieron sus fortificaciones y defensas a tiro de artillería, y los soldados ingenieros de ahora han hallado con la experiencia, que la fortificación sea más recogida, reduciendo las defensas a tiro de mosquete y arcabuz.¹²⁴

¹²¹ José Antonio MARAVALL, *Antiguos y modernos*, pp. 556-557, que pone de relieve la asociación de navegación, cosmografía y matemáticas y el papel de los matemáticos Pedro Núñez y Juan Pérez de Moya; David GOODMAN, *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988 (Trad. española de Victor Navarro Brotóns, Madrid, 1990, pp. 96, 126, 133).

¹²² Luis CERVERA VERA, *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, pp. 89-90; David GOODMAN, *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*, pp. 72-86; Jose Ramón SORALUCE BLOND, «Ciencia y arquitectura en el ocaso del renacimiento. Notas para la historia de la Real Academia de Matemáticas de Madrid», *Academia*, 1987, p. 72; María Isabel VICENTE MAROTO, «Juan de Herrera, científico», *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunweg, 1997, pp. 172-178.

¹²³ José Antonio MARAVALL, *Antiguos y modernos*, pp. 556-557.

¹²⁴ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 3. V. también, Diego GONZÁLEZ DE MEDINABARBA, *Examen de fortificación*, f. 1; Eduardo MARIÁTEGUI, *El Capitán Cristóbal de Rojas, ingeniero militar del siglo XVI*, Madrid, CEHOPU, 1985, p. 71; J. R. HALE, *Renaissance fortification: Art or Engineering?*, pp. 7, 21, 28; Alicia CÁMARA MUÑOZ, «Tratados de arquitectura militar en España. Siglos XVI y XVII», *Goya*, 1980, pp. 340, 343; «El papel de la arquitectura militar y de los ingenieros», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, p. 385; *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, pp. 16, 23; David GOODMAN, *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*, pp. 159, 163 de la trad. española; Antonio CAMPILLO, *La fuerza de la Razón*, pp. 214-15; Alexander TZONIS, y Liane Lefavre, «El

También hay que tener en cuenta el peso que debieron de tener en la práctica de Aranda los factores propios del Sur de la península. Hasta la toma de Granada, los reinos de Murcia, Jaén, Córdoba y Sevilla eran tierras de frontera, con una función meramente defensiva. A lo largo del siglo XVI se lleva a cabo con mayor o menor acierto e intensidad una importante tarea de repoblación y articulación de estos reinos y el de Granada. Fernando Checa ha destacado el papel esencial que corresponde a los saberes del ingeniero, centrados en la geometría, en el proceso de dominio del territorio alrededor de la corte, y el mismo razonamiento se puede aplicar a estos reinos del sur.¹²⁵ Varias estructuras se superponen en lo que parece ser un proyecto unitario, desde la trama de hospitales a la línea de torres defensivas costeras, de las que quizá la más significativa y peor conocida es la de las nuevas poblaciones. La consolidación de la Santa Fé de los Reyes Católicos, el Benamejé de Hernán Ruiz o Valdepeñas de Jaén o las obras de infraestructura hidráulica que se realizan en Baeza por Ginés Martínez, tío de nuestro Aranda, exigen una capacidad de organización y coordinación desconocida en la tiempos anteriores, como ha puesto de relieve Alfredo Morales.¹²⁶ No son arquitectos-artistas lo que se precisa en esas empresas, sino algo más parecido a la figura de un técnico actual; un profesional que aplica los conocimientos científicos a los problemas prácticos.

Tampoco se puede olvidar la formación de Felipe II; Marías sugiere que su interés por la arquitectura desde edades tempranas pudo venir dado por su preceptor Juan Martínez Silíceo, matemático y catedrático de filosofía natural.¹²⁷ No es de extrañar el papel central que desempeña Juan de Herrera, mitad Vitruvio,

bastión como mentalidad», en *La città e le mura*, Roma - Bari, Laterza, 1989 (Tr. española de María del Carmen Borra, *La ciudad y las murallas*, Madrid, Cátedra, 1991, pp. 317-340); Fernando CHECA, «El estilo clásico», en *Arquitectura del Renacimiento en España*, p. 326; Víctor PÉREZ ESCOLANO, «Territorio y ciudad», en *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, p. 47; Catherine WILKINSON ZERNER, *Juan de Herrera. Architect to Philip II of Spain*, p. 23; Jorge GALINDO DÍAZ, «La construcción de murallas: un aspecto del saber constructivo presente en los tratados de arquitectura militar (siglos XVI al XVIII)», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, p. 218.

¹²⁵ Fernando CHECA, «Las construcciones del Príncipe Felipe», en *Ideas y diseños (La Arquitectura) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Dirección General de Arquitectura, 1986, p. 37.

¹²⁶ José María CAMÓN AZNAR, *La arquitectura y la orfebrería española del siglo XVI*, Madrid, Espasa Calpe, 1959, p. 27; Antonio de la BANDA Y VARGAS, *El arquitecto andaluz Hernán Ruiz II*, p.108; Concepción FÉLEZ LUBELZA, *El hospital Real de Granada*, pp. 32-42; David GOODMAN, *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*, pp. 277, 278 de la trad. española; José Policarpo RUIZ CABRERA, «Una obra desconocida de Andrés de Vandelvira y Francisco del Castillo: el puente Mazuecos de Baeza», *Archivo Español de Arte*, 1995, p. 383; Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, p. 125; Juan J. ARENAS DE PABLO, «Las bóvedas de puente antes de los ingenieros», *OP*, 1996, p. 14. Pero también se emprenden programas sistemáticos de transformación del territorio en el centro, en las costas: v. Fernando CHECA, «El estilo clásico», en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, pp. 284-292, 327, 329.

¹²⁷ Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 529.

mitad Arquímedes al decir de Cristóbal de Rojas.¹²⁸ Astrónomo, cartógrafo, cosmógrafo, constructor de grúas y máquinas, diseñador de instrumentos de navegación, experto en hidráulica y metalurgia, heredero de la tradición clásica que incluía a la arquitectura como una rama de la mecánica, poseía una biblioteca que cubría todas las ramas del saber de la época, especialmente rica en materias científicas.¹²⁹ En cierto modo podemos considerar a Herrera, más que como un arquitecto interesado por la ciencia, como un científico o un ingeniero que ve la arquitectura como parte de su campo profesional.¹³⁰ Esto es lo que explica la vinculación estrechísima entre arquitectura y ciencia que se establece en la Academia de Matemáticas de Madrid, que por orden real debe ser dirigida por los trazadores y maestros mayores del Rey.¹³¹ De esta manera, el ideal de la

¹²⁸ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, p. 2 del prólogo; v. también Francisco ÍÑIGUEZ ALMECH, «Juan de Herrera, Arquitecto, matemático y filósofo», *Revista Nacional de Arquitectura*, 1948, p. 326; María Isabel VICENTE MAROTO, «Juan de Herrera, científico», *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunweg, 1997, pp. 184-185. Pero quizá el elogio más valioso de Herrera sea el de Fray José de SIGÜENZA, que no era exactamente amigo suyo, en *Historia de la Orden de San Jerónimo*, libro III, discurso IX: «Juan de Herrera, que era el trazador principal, [...] hombre de gran ingenio, y que alcanzó mucho en matemáticas»

¹²⁹ Juan de HERRERA, *Architectura y machinas*, Ms. c. 1580 (Transcrito por Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, pp. 36-38); Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *ibid.*, pp. 52, 56, 58, 99-100, 136, 150-153; Francisco ÍÑIGUEZ ALMECH, «Juan de Herrera, Arquitecto, matemático y filósofo», *Revista Nacional de Arquitectura*, 1948, p. 328; del mismo autor, «Los ingenios de Juan de Herrera», *Revista de Archivos, Bibliotecas y Museos*, 1963, pp. 163-170; René TAYLOR, «Architecture and Magic», en *Essays in the History of Architecture in honor of Rudolf Wittkower*, pp. 18-19 de la trad. española; Luis CERVERA VERA, *El 'ingenio' creado por Juan de Herrera para cortar hierro*, pássim y esp. pp. 14-16; *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, pp. 69, 73, 89-90, 192-193, 239; *Inventario de los bienes de Juan de Herrera*, Valencia, Albatros, 1977, pp. 67-74; George Edward KUBLER, *Building the Escorial*, 1982, pp. 47, 48, 49 de la trad. española; David GOODMAN, *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*, p. 87 de la trad. española; Fernando CHECA, «El estilo clásico», en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, pp. 315-317; Nicolás GARCÍA TAPIA, *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento Español*, p. 166; «Juan de Herrera y la ingeniería civil», en *Juan de Herrera y su influencia*, pp. 71-78; y «Juan de Herrera y la ingeniería», en *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunweg, 1997, pp. 208-234; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 319, 435; María Isabel VICENTE MAROTO, «Juan de Herrera, un hombre de ciencia», *Juan de Herrera y su influencia*, pp. 79-89; «Juan de Herrera, científico», en *Juan de Herrera, arquitecto real*, pp. 156-207. El contrapunto a esta imagen lo da Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 523-524, 554, que recoge todas estas actividades herrerianas, pero no oculta una cierta credulidad, por otra parte común en la época, que le lleva a relacionarse con zahoríes o la visionaria Lucrecia de León; también se puede añadir su interés por la cuadratura del círculo y Jaime Falcó; v. J. REY PASTOR, *Los matemáticos españoles del siglo XVI*, Madrid, Biblioteca Scientia, 1926, pp. 137-139; María Isabel VICENTE MAROTO, «Juan de Herrera, científico», en *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunweg, 1997, pp. 186-189.

¹³⁰ George Edward KUBLER, *Building the Escorial*, p. 50 de la trad. española; Luis CERVERA VERA, *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, pp. 166, 239; Alicia CÁMARA MUÑOZ, *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, p. 102.

¹³¹ Virginia TOVAR MARTÍN, «Juan Gómez de Mora (1586-1648), arquitecto y trazador del rey y maestro mayor de las obras de la villa de Madrid», en *Juan Gómez de Mora*, Madrid, Museo Municipal, 1986, p. 20, refiriéndose a la época de Francisco de Mora. V. también Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 92-93; *El largo siglo XVI*, p. 470, 510, 524; Jose Ramón SORALUCE

arquitectura será la elegancia y la precisión de la ciencia antigua, la economía expresiva de las proposiciones euclídeas.¹³² Quizá por eso dice Aranda que *es más excelente traza la que en pocas palabras tiene encerrados munchos y notables puntos de geometría*.

Precisamente los científicos e ingenieros tenían una visión diferente de la Antigüedad de la que mantenían los arquitectos-artistas, como hemos visto más arriba: la recuperación del mundo clásico era para ellos cuestión de conceptos y no de formas, y la tensión entre invención y convención simplemente no se planteaba en el mundo de la ciencia.¹³³ Tal vez por esto Herrera, como De L'Orme, no está dispuesto a renunciar a técnicas de origen medieval como la cantería hispano-francesa o las cubiertas flamencas introducidas por Gaspar de Vega, siempre que pueda reconvertirlas para sus fines.¹³⁴

Esto es exactamente lo que hacen Vandelvira y Martínez de Aranda en sus manuscritos. La temática de Vandelvira es literalmente la «del romano»¹³⁵ y la bóveda nervada es una excepción, quizá reflejo de De L'Orme o de una práctica

BLOND, «Ciencia y arquitectura en el ocaso del Renacimiento. Notas para la historia de la Real Academia de Matemáticas de Madrid», *Academia*, 1987, pp. 72-75, 79; Miguel Ángel ARAMBURU-ZABALA, y Begoña ALONSO RUIZ, «La arquitectura después de Herrera», en *Juan de Herrera, arquitecto real*, p. 239; María Isabel VICENTE MAROTO, «Juan de Herrera, científico», *ibid.*, pp. 162, explica la organización de la Academia en términos algo diferentes que Tovar: «Herrera dirígía [...] las lecturas, mientras Francisco de Mora se ocuparía sólo de los aspectos materiales, la 'forma' seguiría siendo la dispuesta por Herrera», pero a los efectos que nos interesan esto no cambia las cosas.

¹³² René TAYLOR, «Architecture and Magic», pp. 37-38 de la trad. española; Manfredo TAFURI, *L'Architettura del Umanesimo*, pp. 96-97 de la trad. española; Catherine WILKINSON, «Proportion in practice: Juan de Herrera's design for the façade of the Basilica of the Escorial», *Art Bulletin*, 1985, p. 236; Cornelia von der OSTEN SACKEN, *San Lorenzo el Real del Escorial. Studien zur Baugeschichte und Ikonologie*, p. 104 de la trad. española; María CALÍ, «El Escorial, la 'Figura cúbica' de Herrera y Miguel Angel», *Academia*, 1986, pp. 203-204.

¹³³ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, ..., f. 3. V. también, J. R. HALE, *Renaissance fortification: Art or Engineering?*, p. 7; Alicia CÁMARA MUÑOZ, «Tratados de arquitectura militar en España. Siglos XVI y XVII», *Goya*, 1980, p. 340; David GOODMAN, *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*, pp. 156, 288 de la trad. española; Antonio CAMPILLO, *La fuerza de la Razón*, pp. 214-15; Catherine WILKINSON ZERNER, *Juan de Herrera. Architect to Philip II of Spain*, p. 23. Parece mantener una opinión diferente Nicolás GARCÍA TAPIA, *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento Español*, Valladolid, Universidad, 1990, p. 29.

¹³⁴ Fernando CHUECA GOITIA, «Arquitectura, número y geometría: a propósito de la Catedral de Valladolid», *Revista de Ideas Estéticas*, 1945, pp. 40; Manfredo TAFURI, *L'Architettura del Umanesimo*, pp. 85-86 de la trad. española; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 254; Hanno Walter KRUFT, *Geschichte der Architekturtheorie*, p. 156; Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 451; Agustín BUSTAMANTE y Fernando MARÍAS, «El Escorial y la cultura arquitectónica de su tiempo», p. 129; Catherine WILKINSON, *Juan de Herrera. Architect to Philip II of Spain*, New Haven, Yale University Press, 1993, p. 23.

¹³⁵ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1580, f. 18 r., 60 v.

anterior ya presente en Hernán Ruiz;¹³⁶ Aranda es menos explícito, pero su repertorio es igualmente el de las infinitas variaciones del arco de medio punto, y como en Vandelvira el léxico formal de origen gótico es residual.

Sin embargo, entre Herrera de una parte y De L'Orme, Ruiz, Vandelvira y Aranda de otra, hay una diferencia fundamental. Como los maestros españoles, De L'Orme es hijo de menestral y ha recibido en primer lugar una formación práctica de cantero antes de partir hacia Italia.¹³⁷ Herrera, que ocupará un puesto en la burocracia filipina perfectamente comparable al que desempeña De L'Orme en la administración de Enrique II,¹³⁸ es un hidalgo, noble en último término, que ha comenzado su carrera como soldado y la ha completado con una estancia en Alcalá de Henares. Al final de su vida se definirá como «media proporcional entre artífice y no artífice»;¹³⁹ es decir, conoce y aprecia los saberes prácticos de los canteros profesionales, de sus aparejadores del Escorial y otras obras, pero no se identifica con ellos porque su formación y su papel en la corte son y han sido muy diferentes.¹⁴⁰

De tal manera, la figura de Herrera tiene para la cantería española un papel ambivalente; por un lado, su presencia es muy positiva al potenciar notablemente el peso de la ciencia, y por tanto de la geometría, en la cultura arquitectónica española, neutralizando la influencia del modelo centro - italiano de las artes, valorando obsesivamente la precisión, abriendo la última fase de la renovación radical de la tradición medieval de la cantería hispano-francesa y del nacimiento de un «clasicismo técnico», en palabras de Sanabria. Pero por otra parte, su extraordinario brillo, su extracción y formación excepcionales, y el modelo de separación entre diseño y ejecución¹⁴¹ que impera en su época en las obras reales,

¹³⁶ Hernán RUIZ, *Libro de arquitectura*, f. 46 v. Sobre influencias medievales en Hernán Ruiz v. Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, p. 138.

¹³⁷ Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, pp. 16-18.

¹³⁸ Cf. Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, pp. 33-36, con Catherine WILKINSON ZERNER, *Juan de Herrera. Architect to Philip II of Spain*, 1993, pp. 6, 51-52; v. también Myra Nan ROSENFELD, «La real Administración de Edificios de Francia, de Carlos V a Luis XVI», pp. 167-168 de la trad. española.

¹³⁹ Carta de Juan de Herrera a Diego de Ayala, transcrita en Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, pp. 62-63; v. también Fernando MARÍAS, «El problema del arquitecto ... », pp. 183-184, 203; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, «Juan de Herrera y el Escorial», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 20, y «La arquitectura de Felipe II», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, p. 499.

¹⁴⁰ Catherine WILKINSON ZERNER, «The career of Juan de Minjares and the Reform of Spanish architecture under Philip II», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1974, p. 130; *Juan de Herrera. Architect to Philip II of Spain*, pp. 23-24.

¹⁴¹ El modelo de separación entre diseño y ejecución sigue vigente en el siglo XVII en las obras reales, aunque no parece extenderse fuera de ese ámbito. V. Virginia TOVAR MARTÍN, «Juan Gómez de Mora (1586-1648), arquitecto y trazador del rey y maestro mayor de las obras de la villa de Madrid», en *Juan Gómez de Mora*, Madrid, Museo Municipal, 1986, pp. 30, 31, 34-35, 45; sin embargo, como en época de

van a dificultar la aparición en España del grupo de arquitectos a los que Wilkinson se refiere como «los nuevos profesionales» y que van a aplicar un modelo profesional opuesto al modelo centro-italiano del arquitecto artista, pero que en algunos puntos enlaza indirectamente con el modelo científico del Quattrocento italiano.

4

Arquitectura práctica y especulativa

No es casualidad que el elegido como paradigma de estos «nuevos profesionales» por Wilkinson sea Philibert De L'Orme, nacido bajo el signo de Géminis.¹⁴² En el *Premier Tome de l'Architecture* encontramos esa voluntad de unir teoría y práctica a la que nos referimos más arriba.¹⁴³ La idea se expone con claridad: el «arquitecto sabio» sale de una cueva [172], «lugar oscuro, [...] de contemplación, soledad, lugar de estudio»;¹⁴⁴ la obra se propone instruir a los maestros y obreros

tomando sus principios y comienzos de pequeñas reglas y preceptos de Aritmética y Geometría [...] deseo que el Arquitecto y maestro de obras conozca algo de la práctica de Geometría y Aritmética, porque de lo contrario no podrá utilizar las trazas y figuras que nos pensamos proponerle, ni tampoco otras cosas necesarias para el verdadero uso y práctica de Arquitectura¹⁴⁵

Pero sólo con geometría no se puede dominar la materia; es preciso acompañar el saber con el trabajo, el estudio con la práctica:

Herrera, a veces se rompen las reglas y Gómez de Mora selecciona los materiales y revisa los prolegómenos, incluso con exceso: v. *ibid.*, p. 104.

¹⁴² Catherine WILKINSON, «The new professionalism in the Renaissance», p. 80 de la trad. española. V. también Robert MARK, «Conclusion», en *Architectural Technology up to the Scientific Revolution*, Cambridge, Mass., MIT, 1993, p. 234; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, «Présentation des traités», en Philibert de L'Orme, *Traité d'architecture*, París, Leonce Laget, 1988, pp. 5, 22, y en un contexto más general, «Le sixième ordre d'architecture ou la pratique des ordres suivant les nations», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1977, p. 239. De L'Orme habría sufrido una «conversion [...] intellectuelle, de la pratique à la théorie» a raíz de la muerte de Enrique II y su caída en desgracia en 1559, pero el propio PÉROUSE DE MONTCLOS nos dice que la redacción de las *Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais* comenzó antes de 1559.

¹⁴³ Anthony BLUNT, *Art and Architecture in France 1500 -1700*, Londres, Pelican, 1953, pp. 84-85, 86 de la ed. de 1980; Philibert de l'Orme, p. 109; Pamela O. LONG, «The contribution of architectural writers to a 'scientific' outlook in the fifteenth and sixteenth centuries», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, 1985, pp. 268, 271, 291.

¹⁴⁴ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 50.

¹⁴⁵ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 31 v.: «tout prenant ses principes & commencements de petites règles & preceptes d'Arithmetique & Geometrie [...] ie desire que l'Architecte & maistre maçon entende aucunement la pratique de Geometrie & Arithmetique, autrement il ne se pourra ayder des traicts & figures que nous deliberons luy proposer, ny moins d'autres choses necessaires & requises pour le vray vsage & pratique d'Architecture». V. también, *ibid.*, f. 54 r.

Desearía poder enseñar dignamente todo esto para el provecho de los artesanos y aprendices : pero la cosa es tal, que se puede mostrar mucho mejor manualmente, que verbalmente [...] hemos escrito más arriba [sobre] los trazados y práctica de la Geometría, para saber cortar las piedras [...] Es verdad que he enseñado bien como hay que hacer las cosas, y como se deben usar las plantillas, los moldes, los baiveles, la regla - cercha, pero no puedo mostrar por escritura como se deben trazar las piedras por sus lechos y paramentos, y alrededor, para cortarlas, según la obra que haya que hacer. Verdaderamente esto no se puede describir, sino mostrar visible y manualmente, ejecutando la obra de hecho.¹⁴⁶

Esta visión del oficio responde en último término a una lectura de Vitruvio diferente a la que se hace por los arquitectos artistas centro-italianos o por el autor de *De Architectura*; para el tratadista romano, la arquitectura exige no sólo «fabrica» sino «ratiocinatio».¹⁴⁷ Pero tal soldadura no es fácil de realizar; Philibert se queja de que «no encontramos libros que acomoden la teoría de la Geometría a la práctica y uso, tanto de nuestra Arquitectura como de las otras artes», es decir, los textos de un nuevo saber útil, bien diferente del que enseñan los profesores de matemáticas sin ninguna aplicación práctica.¹⁴⁸

Es precisamente en el arte de los trazados de cantería donde se manifiesta claramente esa necesidad de unión entre el saber teórico y el práctico, pues el primero sin el segundo será estéril y el segundo sin el primero ciego:

Y como la cosa es difícil en sí, es complicada de entender si no es por los que tienen la geometría en la mano y han comprendido los trazados tomándose el trabajo de contrahacerlos cortando trozos pequeños de madera o de piedra como si los fuesen a poner en obra [...] Por mucho que se sepa trazar todas las plantillas, hay otra inteligencia para saberlos aplicar, y marcar las piedras para

¹⁴⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 195: «Je desirerois de pouvoir icy dignement enseigner ce que ie voudrois bien pour le profit des artisans & apprentis : mais la chose es telle, q'on la peult beaucoup mieux monstrier manuellement, que verbalement : quasi ainsi que nous auons escrit par cy - deuant des traicts & pratique de Geometrie, pour sçauoir couper les pierres [...] Vray est que i'ay bien enseigné comme il le fault faire, & comme lon se doit ayder des panneaux des moules, des beueaux, & cerche ralongée, mais ie n'ay pas peu monstrier par escriture comme les pierres se doiuent trasser par leurs licts et parements, & autour, pour les couper, selon l'oeuvre qu'on auroit a faire. Veritablement cela ne se peult descrire, mais bien monstrier visiblement et manuellement, en executant l'oeuvre de fait» V. Eugène VIOLLET LE DUC, *Entretiens sur l'Architecture*, t. I, pp. 348-349.

¹⁴⁷ Marco VITRUVIO, *De architectura libri decem*, l. I, cap. 1; Pamela O. LONG, «The contribution of architectural writers to a 'scientific' outlook in the fifteenth and sixteenth centuries», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, 1985, pássim y esp. pp. 268, 271-272, 278, 281, 283, 286; Lino CABEZAS GELABERT, «Del 'arte de la cantería' al 'oficio de la cantería'», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 139. Las cosas se ven del mismo modo en la Inglaterra de Inigo Jones: v. Rudolf WITTKOWER, «Inigo Jones, Architect and Man of Letters», *Royal Institute of British Architects Journal*, 1953 (Ahora en *Palladio and English Palladianism*, Londres, Thames and Hudson, 1974, pp. 61- 62).

¹⁴⁸ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 119 r.: «indubitablement vous en viendrez à bout avec l'intelligence de la Geometrie: laquelle ie voy estre en nostre Architecture d'autre sorte & d'autre pratique que celle qui est enseignée, & seulement sans aucun usage demonstrée par les professeurs des Mathematiques».

Figura 172. Philibert de l'Orme, Le Premier Tome de l'Architecture, f. 51.

Figura 173. Pseudo Juanelo Turriano, Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas, f. 386.

Figura 174. Juan de Herrera, Arquitectura y machinas.

poderlas tallar. No se puede mostrar el modo [de hacerlo] y no se entienden bien por escritura, si no se ve en efecto y en la práctica.¹⁴⁹

También en el ámbito hispánico opera este modelo, aunque la situación es más complicada por el papel ambivalente de Herrera y el sistema de organización de las obras reales, que examinaremos más adelante.¹⁵⁰ A lo largo del siglo XVI va apareciendo un nuevo tipo de arquitecto formado en la tratadística del Renacimiento, pero familiarizado al mismo tiempo con los problemas del ejercicio práctico de la profesión; un arquitecto que lee, traduce o se implica en la edición de los clásicos, mide antigüedades, pero también conoce en profundidad los oficios de la cantería, la carpintería y la albañilería y sobre todo, sabe «mandar diestramente», reuniendo las funciones de tracista y director.¹⁵¹

El modelo va ganando terreno poco a poco, sobre todo por la gran influencia de la arquitectura militar.¹⁵² Francisco de Villalpando, en el proemio de 1552 a su traducción de los libros tercero y cuarto de Serlio, ya preguntaba: «¿Quién fue causa principal de que ganasen tantas victorias y conquistasen tantas provincias y reinos sino las machinas y industrias de los arquitectos?». ¹⁵³ Las profesiones de arquitecto e ingeniero no están del todo separadas en España a finales del siglo XVI; entre la lista de los que trabajan simultáneamente en los dos campos, encontramos grandes nombres de la totemotecnica española de la época: el propio Ginés Martínez de Aranda, Cristóbal de Rojas, Francisco del Castillo, Juan de

¹⁴⁹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567, f. 78 v.: «Et pour autant que la chose est difficile de soy mesme, il est aussi malaisé qu'elle se puisse entendre, sinon par ceux qui ont la Geometrie en main, & intelligence des traits avecques la peine qu'ils prendront de les contrefaire, couppant de petites pieces de boys ou de pierre tout ainsi si les vouloient mettre en oueure & appliquer en quelque grand bastiment. Car combien que lon ayt le moien de leuer tous les panneaux, si y a il vne autre intelligence pour les sçauoir appliquer, & en trasser les pierres pour les tailler. Les façons ne se peuuent bien montrer, n'y estre bien entendues par escriture, si on ne les voit par effect & pratique». V. también, f. 76 r. y v., 87 v., 108 r., 112 v., 124 r., y Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, pp. 39-40.

¹⁵⁰ Sobre la aplicación práctica de los conocimientos científicos en Herrera, v. Luis CERVERA VERA, *El 'ingenio' creado por Juan de Herrera para cortar hierro*, Madrid, Castalia, 1972; pp. 9, 16; Nicolás GARCÍA TAPIA, «Juan de Herrera y la ingeniería», en *Juan de Herrera, arquitecto real*, pp. 208-234.

¹⁵¹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 31. Es significativo constatar que en El Escorial «los maestros [...] de cantería [han de ser] canteros ... no mozos que hayan estado un año al arte ni oficialejos de aldea, sino maestros desaminados o que los desamine el arquitecto» Si se aplica el programa del autor de *De Architectura* ¿cómo iba a examinar el arquitecto a los maestros sin conocer el oficio? V. José LUIS CANO DE GARDOQUI GARCÍA, «El profesionalismo de los maestros y oficiales de la fábrica del Escorial. La organización de los trabajos», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 33, y p. 313 y ss. de este trabajo.

¹⁵² V. Fernando CHECA, «Los ingenieros del Renacimiento y la mentalidad clasicista», en *Herrera y el clasicismo*, pp. 36-38; Ramón GUTIÉRREZ, *Arquitectura y urbanismo en Iberoamérica*, Madrid, Cátedra, 1983, p. 84 de la ed. de 1992.

¹⁵³ Francisco de VILLALPANDO, «El interprete al lector» en Sebastiano SERLIO, *Tercero y cuarto libro de Architectura* [...], Toledo, Ivan de Ayala, 1552, f. II v.

Minjares, Alonso de Vandelvira o Juan de Oviedo, el compañero de Vandelvira que muere en la guerra en Brasil.¹⁵⁴ Alicia Cámara ha planteado la posibilidad de que la formación adquirida en las guerras de Italia y Flandes fuera la que permitió a Juan de Herrera convertirse al mismo tiempo en hombre de ciencia y en arquitecto.¹⁵⁵

Para Cristóbal de Rojas, paisano, coetáneo, colaborador y quizás amigo de Aranda, son ante todo tres los saberes que ha de dominar el ingeniero; en primer lugar la geometría:

saber mucha parte de Matemáticas [...] los seis primeros libros de Euclides, y el undécimo y duodécimo [para resolver] las dudas que se le ofrecieren, así de medidas como de proporciones, y para el disponer los planos y fundamentos de los edificios, y medir las fábricas y murallas, pilares, columnas y las demás figuras.¹⁵⁶

En segundo lugar la aritmética:

que sirve para dar cuenta del gasto que para hacer la fábrica se ofrecerá antes que se haga, o después de hecha, y en su construcción para las medidas de distancias y proporciones.¹⁵⁷

¹⁵⁴ Eduardo MARIÁTEGUI, *El Capitán Cristóbal de Rojas, ingeniero militar del siglo XVI*, Madrid, CEHOPU, 1985, p. 17; Hipólito SANCHO [DE SOPRANIS], «Los Vandelvira en Cádiz», *Archivo Español de Arte*, 1948, p. 45; Alicia CÁMARA MUÑOZ, «La arquitectura militar y los ingenieros de la monarquía española: aspectos de una profesión. (1530-1650)», *Revista de la Universidad Complutense*, 1981, pp. 258, 259, 260; *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, p. 85, 111; Lorenzo ALONSO DE LA SIERRA FERNANDEZ, «El convento de Santa María de Cádiz. Datos sobre su arquitectura», *Atrio*, 1990, p. 110; «Aportaciones de Alonso de Vandelvira a la configuración de Cádiz tras el asalto anglo-holandés de 1596», *Cuadernos de Arte*, 1994, p. 53. El Alonso de Vandelvira que está en Cádiz desde 1607 ó 1608 es según Cámara y Alonso de la Sierra el autor del *Libro de trazas de cortes de piedras*, pero ninguno de los dos autores entra a discutir la hipótesis que plantea Rafael ORTEGA SAGRISTA, «La familia de Andrés de Vandelvira», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 1955, pp. 20-22, según la cual podría ser un hijo o sobrino suyo; en cualquier caso es llamado entre otras cosas por sus conocimientos de cantería. V. también Fernando CHECA, «El estilo clásico» en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, pp. 284-285, 320-321, 331, 332. Para otros países, v. J. R. HALE, *Renaissance fortification: Art or Engineering?*, p. 18; Catherine WILKINSON ZERNER, «The new professionalism in the Renaissance», p. 138 de la trad. española; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, pp. 29-30.

¹⁵⁵ Alicia CÁMARA MUÑOZ, «Juan de Herrera y la arquitectura militar», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 91. V. también John B. BURY, «Las contribuciones de Juan de Herrera al proyecto de El Escorial», *Goya*, 1986, pp. 332-335.

¹⁵⁶ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 1; Alicia CÁMARA MUÑOZ, «La arquitectura militar y los ingenieros de la monarquía española: aspectos de una profesión. (1530-1650)», *Revista de la Universidad Complutense*, 1981, pp. 260-61; en «Juan de Herrera y la arquitectura militar», en *Juan de Herrera y su influencia*, pp. 94-95, 98, propone a G. B. ZANCHI, *Del modo di fortificar le città*, Venecia, P. Pietrasanta, 1554, p. 57, como origen de la síntesis entre teoría y práctica de Rojas; de la misma autora, «El papel de la arquitectura militar y de los ingenieros», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, p. 393; *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, Madrid, Nerea, 1998, p. 24; Nicolás GARCÍA TAPIA, *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento Español*, p. 50; María Isabel VICENTE MAROTO, «Juan de Herrera, científico», *Juan de Herrera, arquitecto real*, p. 157.

¹⁵⁷ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 1; ver también v. f. 14.

Pero tan necesario como estas dos artes liberales es un saber que no puede aprenderse en los libros:

saber reconocer bien el puesto donde se ha de hacer la fortaleza, o castillo. Será difícil saberlo dar a entender u enseñar el ingeniero, si no hubiere estado en la guerra en ocasiones, y cerca la persona de algún gran soldado. Y así este último requisito, es materia de los soldados viejos [...] y así la persona que tratare deste ministerio, si le faltare esta experiencia, tendrá necesidad de acompañarse con un soldado viejo [...] y al contrario, el que fuere solamente soldado, sin Matemáticas, ni practica de fábricas, tendrá necesidad de acompañarse con el Matemático [...] mas el Ingeniero que tuviere lo uno y lo otro, dará buena cuenta de su fábrica, por saber la razón teórica, y praticamente, que es lo propuesto al principio.¹⁵⁸

El discurso de Rojas se asemeja en muchos puntos al de los tratados de artillería y arte militar; los saberes del artillero y el constructor de fortalezas son dos caras de la misma moneda; el ingeniero sabe de artillería y el soldado de fortificación. Tanto en unos como en otros la experiencia sólo es útil si se puede reducir a conceptos de base científica. Pero la articulación ente los conceptos ideales de la matemática y la existencia real de la materia no será fácil, porque han de convivir dos clases de conocimiento: la práctica artesanal del constructor después de años en el tajo, la pericia del artillero fruto de su experiencia bélica han de complementarse con la lectura de la tratadística. La matemática, núcleo de la ciencia, sólo podrá ser hecha efectiva cuando se aplique a la realidad con la ayuda de otros conocimientos fruto no del estudio sino del trabajo. Así, entre los artilleros y los ingenieros militares, como entre los pilotos y cartógrafos, aparece una nueva clase de conocimiento a la vez empírico y riguroso, manual e intelectual, resultado de la articulación de dos niveles, uno abstracto y otro práctico, que está en la base de la ciencia moderna, como se ha señalado en múltiples ocasiones.¹⁵⁹

¹⁵⁸ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 1 - 1 v., f. 20 v. En términos muy parecidos se expresa Luis COLLADO, cit. por Antonio CAMPILLO, *La fuerza de la Razón*, p. 172. Sin embargo, Juan Huarte de san Juan, cit. por Antonio CAMPILLO, *ibid.* pone el énfasis en lo que corresponde del arte militar a la imaginativa; y contrariamente, Alicia CÁMARA MUÑOZ, en «La arquitectura militar y los ingenieros de la monarquía española: aspectos de una profesión. (1530-1650)», *Revista de la Universidad Complutense*, 1981, pp. 259, postula que «se establece una primacía de la práctica de la arquitectura y de la experiencia de la guerra sobre planteamientos teóricos». V. también Alicia CÁMARA MUÑOZ, «Tratados de arquitectura militar en España. Siglos XVI y XVII», *Goya*, 1980, p. 344; *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, p. 28-29, 40, 87-89, 93, 222; Catherine WILKINSON ZERNER, *Juan de Herrera. Architect to Philip II of Spain*, New Haven, Yale University Press, 1993, p. 20, que discute ideas similares en Simon Stevin.

¹⁵⁹ J. R. HALE, *Renaissance fortification: Art or Engineering?*, pp. 17, 28; David GOODMAN, *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*, p. 99 de la trad. española; Antonio CAMPILLO, *La fuerza de la Razón*, pássim y esp. pp. 156-57, 264-265. V. también Pamela O. LONG, «The contribution of architectural writers to a 'scientific' outlook in the fifteenth and sixteenth centuries», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, 1985, p. 266; Salvatore di PASCUALE, «Scienza e tecnica del costruire», en *Firenze e la Toscana dei Medici nell'Europa del Cinquecento. Il potere e lo spazio. La scena del Principe*, Florencia, Edizione Medicee, 1980, p. 79; Francesco GURRIERI, «L'architettura delle fortificazioni dalla Toscana alla

Este nuevo tipo de saber, este modelo profesional, va pasando al campo de los arquitectos españoles, tan próximos a los ingenieros militares. El matemático más citado por Vandelvira y Fray Laurencio de San Nicolás no es Euclides, sino Juan Pérez de Moya, natural de Santisteban del Puerto, cerca de Baeza, autor de un *Tratado de Mathematicas* que incluye una *Geometria Práctica y Especulativa*, una *Aritmetica* igualmente *Práctica y Especulativa* que conoció innumerables ediciones y una *Cosmografia* donde nos encontramos la temática vitruviana de los relojes de sol; en sus *Fragmentos Mathematicos* resume y divulga el más ambicioso *Tratado*.¹⁶⁰ Encontramos combinados en todas estas obras, pero sobre todo en la *Geometria*, una estructura y mucho contenido impecablemente euclidianos con fórmulas prácticas para calcular el volumen de un tonel o los ladrillos necesarios para levantar un muro en la tradición medieval de la *Geometria practica* de Hugo de San Víctor; sin el menor complejo, expone en un apartado una proposición euclidiana y en el siguiente el modo correcto de emplear una plomada; ni una cosa ni otra eran nuevas en absoluto, pero lo que no era frecuente era ver estos dos saberes combinados en la misma obra.¹⁶¹

Hernán Ruiz, maestro de formación canteril, demuestra su dominio práctico de la construcción al apeaar casi toda la iglesia de Santo Domingo de Bornos para sustituir cuatro pilares, cuando Siloé y Quijano habían fracasado en una operación similar en Albacete; pero no es un simple técnico practicón, sino un esforzado traductor de Vitruvio.¹⁶² La ligazón entre especulación y práctica es un lugar común en los tratados quinientistas españoles de las más variadas disciplinas: «el

Europa», *ibid.*, pp. 62, 63, 65; Nicolás GARCÍA TAPIA, *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento Español*, pp. 32, 46-47; Jorge GALINDO DÍAZ, «La construcción de murallas: un aspecto del saber constructivo presente en los tratados de arquitectura militar (siglos XVI al XVIII)», p. 218.

¹⁶⁰ Juan PÉREZ DE MOYA, *Obra intitulada fragmentos mathemáticos. En que se tratan cosas de Geometría y astronomía y geographia y Philosophia natural y sphaera y astrolabio y navegación y relojes*, Salamanca, Juan de Cánova, 1568; v. p. ej. f. 197-261 sobre la «Stereometria». V. también Mariano SANJUÁN MORENO, «Uno de los grandes ingenios de la provincia de Jaén en la Edad Media. El príncipe de las matemáticas Juan Pérez de Moya ... », *Don Lope de Sosa*, 1915, pp. 1-7; J. REY PASTOR, *Los matemáticos españoles del siglo XVI*, Madrid, Biblioteca Scientia, 1926, pp. 104-108; Simón GARCÍA, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos*, f. 40; Alfonso RODRIGUEZ GUTIERREZ DE CEBALLOS, «La librería del arquitecto Juan del Ribero Rada», en *Academia*, 1986, pp. 135, 137, 140, 141, 147; Geneviève BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, «Progresos de la cantería y nivel científico en España en la época de Juan de Herrera», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 132; Ana GOY DIZ, *Artistas, talleres e gremios en Galicia*, Santiago de Compostela, Universidad, 1998, p. 188.

¹⁶¹ Juan PÉREZ DE MOYA, *Fragmentos matemáticos*, f. 46-47. Kepler tampoco desdeñaba cubicar toneles; v. Santiago GARMA PONS, «Introducción», a Juan García BERRUGUILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, Murcia, Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 1979, p. XIV.

¹⁶² Antonio de la BANDA Y VARGAS, *El arquitecto andaluz Hernán Ruiz II*, p. 69-70, 73-74, 176; Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, p. 59; Manuel GÓMEZ-MORENO Y MARTÍNEZ, *Las águilas del Renacimiento español*, p. 196 de la ed. de 1983. Compárese esta actuación con la práctica italiana usual en la época tal como la describe James S. ACKERMAN, «Architectural practice in the Italian Renaissance», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1954, pp. 3-4.

escultor y arquitecto de oro y plata» Juan de Arfe y Villafañe así lo proclama.¹⁶³ No se trata de un tópico sin contenido real: en *Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas* se acude a Catón para saber cuando se han de sacar las piedras de la pedrera y se enseña a mover grandes bloques, el primer problema práctico de la cantería, con ayuda de la palanca de Arquímedes; del mismo modo Herrera estudia «el instrumento de la grúa» partiendo de Aristóteles, Arquímedes y Euclides [173, 174].¹⁶⁴

Ya en 1576 Francisco del Castillo, tan próximo a Aranda como vimos,¹⁶⁵ defiende esta concepción de la profesión en la oposición a maestro mayor de la Catedral de Granada. En su currículo brilla la teoría, el conocimiento de la tratadística, las ruinas y la arquitectura de vanguardia:

[...] como es público y notorio que yo las he hecho en el más honroso lugar del mundo en mucha cantidad y muy estimadas que fue en Roma en un edificio suntuosísimo que hizo el papa Julio Tercio a quien yo serví tres años en este oficio por el más aventajado que había en mi tiempo de esta facultad [...]

En lo que toca a la teoría y especulación tuve nueve años de ejercicio en Italia donde florece este arte viendo, escudriñando y midiendo las cosas antiguas, practicando con maestros habilísimos de aquella nación y de la nuestra, estudiando los libros antiguos que tratan de esta facultad que todo está escrito en lengua italiana, la cual tengo yo tan propicia y familiar como la nuestra. Así mismo los edificios modernos de maestros famosos de nuestro tiempo he visto mucha cantidad que todo esto son libros que despiertan y muestran a no errar [...]¹⁶⁶

pero también la formación en el taller paterno, la práctica canteril y la experiencia en «mandar diestramente»:

¹⁶³ Antonio BONET CORREA, «Juan de Arfe y Villafañe, 'escultor de oro y plata' y tratadista», en *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura*, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1974 (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, pp. 70, 71, 72) y «Los libros III y IV 'De Varia Commensuración para la escultura y arquitectura' y la descripción de la traza y ornato de la custodia de plata de la catedral de Sevilla», en *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura. Libros III y IV*, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1978 (Ahora también en *Figuras, modelos e imágenes ...* p. 86).

¹⁶⁴ Pseudo Juanelo TURRIANO, *Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas*, c. 1570, f. 249 v., 386; Juan de HERRERA, *Architectura y machinas*, 1580 (Manuscrito c. 1580. Transcrito por Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, pp. 36-38; Nicolás GARCÍA TAPIA, «Juan de Herrera y la ingeniería», *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunwerk, 1997, pp. 229-227, que comenta un esbozo muy tenue de un supuesto mecanismo de elevación de sillares y plantea la posibilidad de que Herrera fuera a continuar tratando de máquinas empleadas en la construcción de edificios. Sea como sea, lo cierto es que el texto que conocemos se refiere no sólo a «machinas» sino a «arquitectura», y que se refiere no sólo a máquinas abstractas, sino al «instrumento de la grúa», que Herrera conocía muy bien en la práctica.

¹⁶⁵ V. p. 28 y ss.

¹⁶⁶ Documentos de la oposición para cubrir la plaza de maestro mayor de la Catedral de Granada, 1576, cit. en Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura en el Renacimiento andaluz*, pp. 43, 44. V. también Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 418-419, Rafael LÓPEZ GUZMÁN, «Francisco del Castillo y la arquitectura: reflexiones sobre el manierismo en Andalucía Oriental», *Periferia*, 1987, pp. 104-111, y José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, *La arquitectura religiosa granadina en la crisis del Renacimiento (1560-1650)*, Granada, Universidad-Diputación, 1989, pp. 126-129.

por la práctica y experiencia que yo tengo de haber hecho muchos edificios de templos y fortalezas y casas de consistorios, puentes, fuentes y otra mucha diversidad de edificios públicos y privados en que he sido ejercitado desde mi nacimiento y desde que tuve uso de razón como hijo de hombre maestro que hacía semejantes edificios.

[...]

Lo otro por el manejo y práctica que tengo yo en el gobierno de los oficiales y ministros para las dichas obras que por hombre ejercitado y experimentado me obedecen y respetan, porque yo sé y entiendo el sacar de las piedras en las canteras, el orden de cargarlas y traerlas aunque fueran de grandeza que pareciere imposible a fuerzas humanas el orden de labrarlas y trazarlas parca y escasamente para que no se gasten los bienes de la fábrica torpe ni demasiadamente, el hacer de las máquinas para subir los materiales a los edificios, cómo se hará los moldes y contramoldes, cerchas, barbeles y otras falsarreglas y cortes de piedras que de ninguno de mis opositores tienen noticias porque no lo han usado ni ejercitado [...].¹⁶⁷

Lo sorprendente es que argumentos parecidos se manejan por arquitectos con formación predominantemente artística. En la misma oposición Lázaro de Velasco, hijo del pintor y escultor florentino Jacopo Torni, traductor de Vitruvio, beneficiado de la catedral de Granada, pintor de libros, dice que el arquitecto ha de ser «ejercitado en diversas habilidades y curiosidades tocantes a esta facultad». Entre estas habilidades y facultades se encuentran, además de otras que podríamos denominar artísticas, las de fabricar máquinas, andamios, cimbras y cerchas para las obras, zanjar y abrir cimientos, ripiar, mezclar cal y arena, dar los gruesos a pilares y estribos;¹⁶⁸ en otra ocasión dejará bien claro que

No conviene hacer el oficio de obrero de veedor de la obra de esta Santa Iglesia [de Granada] a quien no es cantero ni sabe de la facultad, porque faltando el artífice y aparejador algún día ocurrirá caso en que fuere necesario disponer algo, y siempre ha sido del arte los antepasados y de muy buen juicio y experiencia, y si es ignorante no lo tendrán en nada los oficiales labrantes y harán burla del y se desdeñarán de sus mandados del y como no entienda ni sepa que cosa sea labrar, y quel oficial aunque en un rato se espacie en otro puede darse prisa, y si respira para aventajarse reñirá o quitará cuartos o horas o mirará con tanta imprudencia en menudencias que nunca anden quietos, y los oficiales harán conventículos y se provocarán a descalabrallo o le herirán; en Málaga hicieron a uno del coro veedor y por la nimiedad con que quería hacer su oficio lo quisieron matar y fue necesario poner oficial y como por la mayor son los canteros vizcaños o montañeses gente arriscada diránle a cada paso y por cada cosita de lacayo.¹⁶⁹

¹⁶⁷ Documentos de la oposición para cubrir la plaza de maestro mayor de la Catedral de Granada, 1576, cit. en Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura en el Renacimiento andaluz*, pp. 16, 42-43.

¹⁶⁸ Documentos de la oposición para cubrir la plaza de maestro mayor de la Catedral de Granada, 1576, cit. en Earl E ROSENTHAL, *The Cathedral of Granada. A Study in the Spanish Renaissance*, Princeton, 1961, pp. 222-223 de la ed. española. V. también Fernando MARÍAS, «El problema del arquitecto ... », pp. 199-200; José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, «El licenciado Lázaro de Velasco, pintor de libros y arquitecto», *Boletín de Arte de la Universidad de Málaga*, 1989, pp. 75-92; Jose Enrique GARCÍA MELERO, «Las ediciones españolas de 'De architectura' de Vitruvio», *Fragmentos*, 1984, pp. 105-106. V. también Antonio de la BANDA Y VARGAS, *El arquitecto andaluz Hernán Ruíz II*, p.136.

¹⁶⁹ Parecer de Lázaro de Velasco sobre distintos asuntos relativos a la obra de la Catedral de Granada. Transcrito en José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, «El licenciado Lázaro de Velasco, pintor de libros y arquitecto», *Boletín de Arte de la Universidad de Málaga*, 1989, pp. 88-90.

Resulta extraño oír esto de Lázaro de Velasco; en realidad, cuando dice que «en Málaga hicieron a uno del coro veedor» se esta retratando a sí mismo, pues ganó desde su puesto de privilegio en el cabildo la oposición a maestro mayor de la metropolitana granadina frente a los profesionales Francisco del Castillo y Juan de Orea, teniendo que renunciar a los pocos días ante la protesta de Orea.¹⁷⁰ Velasco podía haber esgrimido frente a Castillo el arquetipo del arquitecto diseñador de raíz albertiana, pero no lo hace a pesar de su notable formación vitruviana, o quizá precisamente por eso, porque reconoce la experiencia constructiva como un valor esencial en una profesión que consta de «fabrica» tanto como de «ratiocinatio», y opta por el ataque como la mejor defensa posible.¹⁷¹

Los *Cerramientos* reflejan el modelo del arquitecto profesional de De L'Orme, y Rojas, versado en la cultura clásica, hábil dibujante, competente para diseñar proyectos complejos, pero a la vez dotado de una formación práctica desde la adolescencia, conocedor de los materiales y de las técnicas para ponerlos en obra, capaz de «mandar diestramente», para el que el oficio de la cantería no es en modo alguno incompatible con el conocimiento directo de la arquitectura clásica y la tratadística de raíz vitruviana, como demuestra de manera palmaria el ejercicio de oposición y la práctica profesional de Francisco del Castillo.¹⁷²

Martínez de Aranda pertenece claramente a este grupo: muestra un conocimiento aceptable de la tratadística arquitectónica, no sólo por sus citas explícitas o tácitas de Vitruvio,¹⁷³ sino por su léxico albertiano (*liniamentos, area*); se disculpa por *no poder acogerse a autor ni maestro antigo debajo de cuya dotrina ampararme para tener el auturidad que convenga* y nos habla de su arte como vinculado a la *geometría*. Pero por otra parte muestra con amor propio los frutos de la experiencia: *los liniamentos de las trazas de monteja [...] en nuestros tiempos no las alcanzan a tener si no es aquellos que en su mocedad se han dado a la diciplina del trazar y contra hacerlas* y nos dice que *por ser la diciplina y estudio de ellas trabajosa*

¹⁷⁰ Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura en el Renacimiento andaluz* p. 67.

¹⁷¹ Marco VITRUVIO, *De architectura libri decem*, l. I, cap. 1; Pamela O. LONG, «The contribution of architectural writers to a 'scientific' outlook in the fifteenth and sixteenth centuries», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, 1985, p. 271; sobre los ataques mutuos de Velasco y Castillo, v. Fernando MARÍAS, «Orden y modo en la arquitectura española», en Erik FORSMANN, *Dórico, Jónico, Corintio, en la arquitectura del Renacimiento*, Madrid, Xarait, 1983, pp. 18-19.

¹⁷² Philibert de L'ORME, *Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais*, f. 37 v.-38; Pamela O. LONG, «The contribution of architectural writers to a 'scientific' outlook in the fifteenth and sixteenth centuries», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, 1985, pp. 270, 296; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, pp. 40-42; Joël SAKAROVITCH, «The Teaching of Stereotomy in Engineering schools in France in the XVIIIth and XIX centuries: an Application of Geometry, an 'Applied Geometry', or a Construction Technique?», *Entre mécanique et architecture*, Basel - Boston - Berlin, Birkhäuser Verlag, 1995, pp. 205-206.

¹⁷³ V. p. 7 y ss. del Tomo II.

por haber de estar los artífices continuamente asidos a la materia para ponerlas por modelos.

No se puede imaginar una posición más distante de la separación radical de diseño y ejecución propuesta por el autor de *De architectura*.¹⁷⁴ Si hacia la mitad del siglo XVI los antecesores de los «nuevos profesionales» y los arquitectos-artistas formaban un bloque opuesto a la tradición, a final de siglo y a principios del XVII, reducidos a un papel secundario los maestros tardo-medievales, empieza a asomar en las palabras de Aranda un cierto orgullo de clase cuando dice que *los mismos artífices aunque prometan su prudencia [...] no pueden alcanzar autoridad conforme a la industria de sus estudios*. Por grande que sea el saber literario, humanístico, de los *ricos y muy favorecidos y bien hablados*, carecen sin duda del conocimiento práctico que da el estar *continuamente asidos a la materia*.¹⁷⁵

Aparece así la más que conocida contraposición entre artes liberales, saber literario, y artífices mecánicos, que por su condición servil y por no ser *ricos y muy favorecidos* no alcanzan la autoridad que merecen cuando, dejando atrás al cantero iletrado, ponen su saber por escrito;¹⁷⁶ todo esto recuerda a la protesta leonardesca «contra el saber que contempla y no se ensucia las manos».¹⁷⁷ En la época de la redacción del manuscrito, el debate alcanzaba su mayor intensidad. Frente a la noción generalizada del trabajo mecánico como una actividad servil opuesta a las artes liberales, para Sebastián de Covarrubias, «Mecanico [es] el que ejercita arte liberal, que juntamente con el discurso es necesario aplicar las manos»¹⁷⁸ Herrera reconoce el carácter intelectual del trabajo de los aparejadores cuando en sus comentarios a la Instrucción de 1572 sobre la obra del Escorial pide que no se descuenten del salario de los aparejadores los días de fiesta, ya que «no dejan de trabajar con el entendimiento», a lo que accede Felipe II.¹⁷⁹

Sabemos que Philibert de L'Orme pasó por momentos duros: sufrió las bromas crueles de Ronsard, fue expulsado de la superintendencia de las obras reales y sustituido por Primaticcio, fue agredido por menestrales envidiosos¹⁸⁰ y acusado de

¹⁷⁴ ANÓNIMO, *De Architectura*, pl. 5-9. V. también p. 313 y ss. de este trabajo.

¹⁷⁵ V. también Hernán RUIZ EL JOVEN, *Libro de Arquitectura*, 1550, f. 1, transcrito por Pedro NAVASCUÉS PALACIO, en *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, p. 57.

¹⁷⁶ Para este problema en la Florencia de finales del Quattrocento, v. André CHASTEL, *Art et humanisme a Florence au temps de Laurent le Magnifique*, p. 289 de la trad. española.

¹⁷⁷ Eugenio GARIN, *Scienza e vita civile nel Rinascimento italiano*, p. 104 de la tr. española.

¹⁷⁸ Sebastián de COVARRUBIAS, *Tesoro de la lengua castellana o española*, 1611, f. 543 v.

¹⁷⁹ Luis CERVERA VERA, *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, p. 32. V. también Simón GARCÍA, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos ...* f. 39 v. - 40 r.

¹⁸⁰ «Compagnons peintres et brodeurs», es decir, pintores miembros de una organización paragremial semiclandestina con una marcada tendencia a resolver a golpes sus diferencias profesionales, lo que no excluye el indudable interés de ritos iniciáticos como el del «Tour de France» o viaje de formación y el «chef

faltas de toda clase en la administración de las obras reales.¹⁸¹ Tal vez por eso dibuja el camino del arquitecto sabio lleno de «trampas y espinas, que representan insidias, envidias, odios, engaños, desgracias y obstáculos»¹⁸² y advierte contra «los hechizos, malicia y mentiras de los hombres malos».¹⁸³ No fueron muy diferentes las dificultades de Juan Bautista de Toledo en la corte de Felipe II.¹⁸⁴

La experiencia de Martínez de Aranda no fue tan traumática: al principio de su carrera, y puede que al final, tuvo que ejercer de director de las trazas de Alonso Barba y Ambrosio de Vico. Si queremos buscar una experiencia vital detrás de su lamento, tenemos que volver nuestros ojos a la indiferencia del cabildo compostelano y a las presumibles dificultades para publicar su obra.

No es Aranda el único que tiene que hacer valer sus conocimientos a los que se niega valor; como es bien conocido, el mismo Herrera ha de salir en defensa de los «artífices» a los que se declara próximo:

la nación española tenemos lo que ninguna otra nación, que nos parece que los oficiales y artífices son hombres fuera de nuestra especie, y que el día que uno sabe algo no se puede fiar el que no sabe de él, y no consideran que vale más un hombre y zapatero que un hombre solo, y que las calidades apropiadas adornan mucho al hombre¹⁸⁵

Por tanto, sería un error pensar que el modelo profesional era aceptado sin discusión;¹⁸⁶ la concepción de un nuevo saber que combina las manos y la cabeza

d'oeuvre» o maqueta con la que el «compagnon» prueba su competencia para ser aceptado en la organización como miembro de pleno derecho. V. Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996, pp. 44-45; Jacques ICHER, *La France des compagnons*, París, La Martinière, 1994; Cynthia Maria TRUANT, *The Rites of Labour: Brotherhoods of Compagnonage in Old and New Regime France*, Ithaca, Cornell Univ Press, 1995, pássim, p. ej. p. 187.

¹⁸¹ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, «Présentation des traités», en Philibert de L'Orme, *Traité d'architecture*, París, Leonce Laget, 1988, p. 5; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996, pp. 45, 46.

¹⁸² Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 50 v. : «chaussetrappes & espinas, c'est a dire de picques, enuies, haines, deceptions, iniuries, trauerses & empeschemens».

¹⁸³ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 51 v. : «charme, malice & tromperie des mauuais hommes».

¹⁸⁴ Catherine WILKINSON, «The career of Juan de Minjares and the Reform of Spanish architecture under Philip II», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1974, p. 130.

¹⁸⁵ Carta de Juan de Herrera a Diego de Ayala, de 6 de Noviembre de 1575. Cit. por Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, pp. 62-63. V. Fernando MARÍAS, «El problema del arquitecto en la España del siglo XVI», *Academia*, 1979, pp. 181-82.

¹⁸⁶ Beatriz BLANCO ESQUIVIAS, «Sobre el debate entre arquitectos profesionales y arquitectos artistas en el Barroco Madrileño. Las posturas de Herrera, Olmo, Donoso y Ardemans», *Espacio, tiempo y forma*, 1991, pp. 167-169. Si en la España del siglo XVII el debate se desarrolla entre arquitectos prácticos y arquitectos artistas, por los mismos años la discusión en Francia se plantea entre el «appareilleur» Curabelle y el matemático Desargues; v. Joël SAKAROVITCH, «The Teaching of Stereotomy in Engineering schools in France in the XVIIIth and XIX centuries: an Application of Geometry, an 'Applied Geometry', or a Construction Technique?», *Entre mécanique et architecture*, Basel - Boston - Berlin, Birkhäuser Verlag, 1995, p. 206; «Le fascicule de stéréotomie : entre savoir et métiers, la fonction de l'architecte», en *Desargues*

tenía que resultar a la fuerza muy extraña a una sociedad que seguía siendo en muchos aspectos tardomedieval y no se llevó a cabo sin resistencias.¹⁸⁷ Los «nuevos profesionales» deben defender al mismo tiempo dos frentes; necesitan diferenciarse de los pintores y escultores que se pasan al campo de la arquitectura, pero también de los simples canteros, de la «universidad de oficiales» peritos en la labra de la piedra a los que se refiere el autor de *De Architectura*.¹⁸⁸ Contra unos y contra otros dirige sus dardos Aranda, apoyado en la autoridad de Sócrates y Vitruvio:

digo que estuvo muy elocuente el filosofo Sócrates que Vitruvio nos dice en el tercero prólogo de su libro que los hombres habían de ser transparentes para que se pudieran claramente conocer los que eran sabios y así fueran tenidos en lo que merecen pues no es así sino como quiso la naturaleza no es posible que los hombres puedan juzgar la ciencia de los artes oscuras

Philibert de L'Orme había tenido que vérselas al principio de su carrera con Gilles Le Breton, un cantero puro que había excluido a Serlio de la dirección efectiva de las obras de Fontainebleau; en 1559 el autor de las *Nouvelles Inventions* será relevado de la maestría de las obras reales por Primaticcio y a los dos días, agredido por «compagnons» envidiosos.¹⁸⁹ Unos años después arremete contra

ciertos arquitectos y maestros que por no entender la práctica de los trazados y la geometría, dicen cuando encuentran un punto de difícil solución y ven una extraña estructura que lo resuelve, que tal virtuosismo es obra de canteros. Hay que decir que, por propia confesión, los canteros saben más que tales arquitectos, lo que es contrario a la razón, porque el arquitecto debe ser sabio para mandar bien y dirigir a los maestros de cantería en todas las obras; pero hoy en algunos países, la carreta, como se dice, va delante de los bueyes; es decir, los canteros en algunos lugares gobiernan y enseñan a los maestros; dicho sea sin ofender a los doctos, a los cuales alabo y honro, y no a aquellos que abusan de los señores para entrometerse en un estado que no entienden y que no saben otra cosa que lo que han aprendido de los canteros [...]¹⁹⁰

en son temps, París, Blanchard, 1994, pp. 359-362; Jean-Paul SAINT AUBIN, «Les enjeux architecturaux de la didactique stéréotomique de Desargues», *ibid.*, pp. 363-370; Michel LE MOËL, «Jacques Curabelle et le monde des architectes parisiens», *ibid.*, pp. 389-395.

¹⁸⁷ Antonio CAMPILLO, *La fuerza de la Razón*, pp. 156-57, 181-86.

¹⁸⁸ Anthony BLUNT, *Philibert de l'Orme*, p. 111.

¹⁸⁹ Anthony BLUNT, *Philibert de l'Orme*, pp. 29, 60, 109; Catherine WILKINSON, «The new professionalism in the Renaissance», pp. 131, 132, 136 de la trad. española; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, pp. 42-43, 44-45.

¹⁹⁰ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f 81 r.: «certains Architectes & maistres, qui par faute de n'entendre la pratique des traits, & la Geometrie, disent quand ainsi ils rencontrent aucuns lieux de contrainte, & voient quelque estrange structure y estre accomodeé, qu'il n'estoit besoing de sy amuser & que c'est ouurage de maçon. Il fault donc dire par leur confession, que les maçons sçauent plus que tels Architectes, qui est contre raison : car l'Architecte doit estre docte pour bien commander & ordonner toutes oeuvres aux maistres maçons : mais aujourd'huy en plusieurs pais, la charrette (comme l'on dit) conduit les boeufs : c'est a dire, les maçons en plusieurs lieux gouuernent & enseignent les maistres : qui sera dict sans offenser les doctes, lesquels ie loüe & honore, et non ceux qui abusent les seigneurs pour se vouloir mesler d'un estat qu'ils n'entendent, & n'en sçauent autre chose, sinon ce qu'ils en ont ouy & appris des maistres maçons». V. Anthony BLUNT, *Philibert de l'Orme*, pp. 29, 60.

En su tratado enfatiza que el arquitecto debe ser capaz de construir modelos «con todas sus proporciones y simetrías»¹⁹¹, pero al mismo tiempo parafrasea a Alberti para advertir que los dibujos de arquitectura no son un objeto de arte en sí mismos, sino un instrumento para construir la obra arquitectónica propiamente dicha:

Creed [...] que todos ellos que se divierten haciendo bellos dibujos, son los que peor han entendido el arte. Basta al Arquitecto con saber hacer bien sus líneas para trazar apropiadamente un plano, y una montea hecha adecuadamente con todas sus proporciones y medidas, para que el Señor la entienda [...] Yo no digo que no sea una bella gracia para el Arquitecto saber dibujar y pintar bien, pero tiene que conocer tantas otras cosas mucho más necesarias, que le debe bastar con dibujar mediana y limpiamente. Porque si las medidas se guardan bien, sus dibujos no dejarán de tener buen aspecto.¹⁹²

En España se defienden posturas similares. Lázaro de Velasco, pintor de libros refugiado en el campo de los arquitectos profesionales, sostiene que:

No está el negocio de la oposición [a maestro de la Catedral de Granada] en hacer los designios y muestras con debujicos muy peleteados plumeados relamidicos con aguadas acabadicas ni en hacer un capitelico con mucha patientia ni en debujos ni en figuras ni pinturas romanicas, sino quien ordena con más fundamento para cantería de piedra y lo traza y da a entender y explica y demuestra con prudente entendimiento, que no nos llaman a pintar sino a abrazar y juntar piedras con mezcla en un sumptuoso, visto y perpetuo edificio.¹⁹³

La oposición entre los dos modelos, el arquitecto profesional y el arquitecto artista, continúa vigente a lo largo del siglo XVII. Bernini, convocado los domingos a reuniones sobre la construcción del Louvre a las que asistían entre otros Colbert, Claude Perrault, Mazières, contratista, y Bergeron, maestro de obras, se aburre y dice que en Roma se ocupaba de esos detalles un prelado.¹⁹⁴

¹⁹¹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 22.

¹⁹² Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 22 v.: «Croyez (dict il) que tous ceux qui se sont amusez à faire beaux desseings, ont esté ceux qui moins ont entendu l'art. Il suffit donc a l'Architecte de sçauoir bien faire ses lignes pour dresser proprement vn plan, & vne monteé faicte nettement avec toutes ses proportions & mesures, a fin que le Seigneur l'entende [...] Je ne dy pas que ce ne soit vne fort belle grace a l'Architecte de sçauoir bien protraire & peindre, mais il a tant d'autres choses beaucoup plus necessaires à cognoistre, qu'il luy doit suffire de protraire mediocrement, proprement & nettement. Car pourueu que les mesures soient bien gardeés, ses protraits ne sçauoient faillir à se bien monstrer». Cf. Leon Battista ALBERTI, *De Re Aedificatoria*, l. II, cap. 1, pp. 98-99 de la ed. de Orlandi; v. también Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996, pp. 56-57.

¹⁹³ Informe de Lázaro de VELASCO en la oposición a la maestría de la catedral de Granada; cit. Earl E. ROSENTHAL, *The Cathedral of Granada*, p. 223 de la trad. española; v. también José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, «El licenciado Lázaro de Velasco, pintor de libros y arquitecto», *Boletín de Arte de la Universidad de Málaga*, 1989, pp. 75-92; Fernando MARÍAS, «El problema del arquitecto ...», pp. 191, 199; *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 81-82; «Trazas, trazas, trazas. Tipos y funciones del diseño arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 352; y *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*, Madrid, Sílex, 1992, p. 148.

¹⁹⁴ Victor L. TAPIÉ, *Baroque et classicisme*, París, Plon, (Tr. esp. de Susana Jafkalvi, *Barroco y clasicismo*, Madrid, Cátedra, 1978, p. 181; v. también p. 174).

En esto, España está más próxima a Francia que a Italia.¹⁹⁵ En las oposiciones se examina a los arquitectos que aspiran a puestos al frente de las obras reales de aritmética, geometría y cortes de cantería.¹⁹⁶ Juan de Torija se ha enlazado con la arquitectura, «dama hermosa científica».¹⁹⁷ No es de extrañar que Fray Laurencio de San Nicolás, teórico de la estereotomía, se sitúe entre los defensores del modelo. Para el agustino recoleto, el arquitecto ha de ser ante todo buen aritmético y geómetra, pues las tres artes son hermanas; y así sólo el arquitecto que una lo práctico a lo especulativo llevará a término sus obras con perfección y firmeza, en la mejor tradición vitruviana;¹⁹⁸ en abierta oposición a la separación de tracistas y ejecutantes planteada por el autor de *De Architectura*, se esfuerza en dejar perfectamente claro que tanto el que sólo sabe «obrar y labrar» como el que sabe «trazar y no ejecutar» están expuestos a muchos riesgos;¹⁹⁹ por eso arremete contra los arquitectos-artistas en palabras que podrían haber salido de la boca de Philibert de L'Orme:

Gana a un Príncipe la voluntad muy de ordinario un Pintor, un Platero, un Ensamblador, un Entallador, y todos estos entienden la Arquitectura en cuanto a su ornato exterior y así adornan un retablo, una fachada ò la traza desto, con muy buena traza, y disposición. Y no negaré que se aventajan en sacar un papel, a los Canteros y Aluñires, y Carpinteros [...] los Príncipes, a estos

¹⁹⁵ Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *El siglo XVII. Clasicismo y barroco*, Madrid, Sílex, 1993, p. 27; Virginia TOVAR MARTÍN, «Juan Gómez de Mora (1586-1648), arquitecto y trazador del rey y maestro mayor de las obras de la villa de Madrid», en *Juan Gómez de Mora*, Madrid, Museo Municipal, 1986, pp. 2-3, 8, 11

¹⁹⁶ José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, *La arquitectura religiosa granadina en la crisis del Renacimiento (1560-1650)*, p. 37; Beatriz BLANCO ESQUIVIAS, «Sobre el debate entre arquitectos profesionales y arquitectos artistas en el Barroco Madrileño. Las posturas de Herrera, Olmo, Donoso y Ardemans», *Espacio, tiempo y forma*, 1991, pp. 176-177; Fernando MARÍAS, «Trazas, trazas, trazas. Tipos y funciones del diseño arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, p. 351.

¹⁹⁷ Juan de TORIJA, *Breve tratado de todo tipo de bóvedas así regulares como irregulares ...*, Madrid, Pablo de Val, 1661, Prólogo AL LECTOR. Cf. Fra Luca PACIOLI, *De divina proportione*, Venecia, 1509 (Tr. esp. de Juan A. Calatrava, *La Divina proporción*, Madrid, Akal, 1991, pp. 32, 38). Para Guarini, la arquitectura depende de la matemática; v. Guarino GUARINI, *Architettura Civile*, Turín, Gianfrancesco Mariette, 1737, trat. I, cap. III; Werner MÜLLER, «The authenticity of Guarini's Stereotomy in his Architettura Civile», en *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1968, p. 202; Elwin C. ROBISON, «Optics and Mathematics in the domed churches of Guarino Guarini», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1991, p. 388. En Inglaterra, John Dee incluye en la edición de Billingsley de los *Elementos* un capítulo sobre la Arquitectura, un «ars mathematical»; v. Rudolf WITTKOWER, *English literature in architecture*, 1966 (Conferencia en la Universidad de Columbia, recogida en *Palladio and English Palladianism*, Londres, Thames and Hudson, 1974); sobre los vínculos de Dee con España v. René TAYLOR, «Architecture and Magic», pp. 32-35 de la trad. española.

¹⁹⁸ Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, s. l. (Madrid), Imprenta de Juan Sanchez, 1639, Introducción, f. 1, 2-2v., 156, 163 v.-164 v., 166, y *Segunda parte del Arte y uso de Arquitectura*, s. e., s. l., 1663, p. 412.

¹⁹⁹ Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, pp. 2-2 v; en parecidos términos se expresa Simón García; v. Antonio BONET CORREA, «Simón García, tratadista de arquitectura», en Simón GARCÍA, *Compendio de Arquitectura y Simetría de los Templos*, Churubusco, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, 1979 (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, p. 182).

Architectos dan estas plazas, siendo causa de que los Palacios, los Reinos y los aprendices que se crían, reciban notable daño [...] Hacen daño a los edificios en la poca seguridad con que los edifican [...] por la poca experiencia que de este arte tienen. Hacen daño en el gasto, porque para acertar en una cosa, la hacen y deshacen muchas veces [...] teniendo el vulgo por cosa cierta, que los que ocupan estas plazas son los mejores, los llaman los particulares para la disposición de sus edificios y con sus pareceres y trazas mal entendidas, causan el daño dicho al edificio, y al particular.²⁰⁰

y en parecidos términos se expresa Torija:

muchos Maestros embusteros, que se precian de Arquitectos, y no son razonables Albañiles, ni Ca[n]teros ò Carpinteros, que por medio de algunos que les hacen trazas, ò dibujos, ò modelazos, como cada día se ve, vituperando los términos de Arquitectura, sin más suficiencia, que su maña, para que se les entregue, de que se han seguido, y siguen grandes yerros en fabricas publicas, y aun por el presente en esta Corte uno, no poco considérale, con grande suma de ducados.²⁰¹

5

Diseño, dirección y ejecución

El modelo centro-italiano de las artes también era antivitruviano en otro sentido: al poner el énfasis en el diseño, independizaba la concepción de la arquitectura de su ejecución. El verdadero arquitecto producía dibujos, no construcciones. Unos constructores ciegos, meros agentes del diseño, materializaban la idea. Este programa puede parecer más o menos atractivo, pero era radicalmente opuesto al delicado equilibrio vitruviano y albertiano entre práctica y razonamiento, entre la acción de las manos sobre la materia y la actividad intelectual.²⁰²

La separación conceptual moderna entre diseño y ejecución era extraña a las prácticas constructivas góticas.²⁰³ Sólo en la Baja Edad Media comienzan a separarse muy lentamente los papeles del proyectista y el ejecutor material, conforme los planos se van haciendo más frecuentes y más precisos; ya a finales del siglo XIII Henry Yevele proyecta o supervisa en varias ocasiones obras que ejecutan

²⁰⁰ Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, f. 163 v.-164 v. Cf. Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 57 v.: «Mais iustement icy ie me puis plaindre qu'aujourd'huy ne voy beaucoup d'ouuriers prendre peine à estudier & cognoistre ce qui concerne leur estat, ains plustost s'amuser à vn tas de choses mondaines & friuoles qui ne sont de leur vocation. De sorte que s'ils y continuent, il sera malaisé que les Roys, Princes, grandes seigneurs, & autres qui feront bastir, soient bien seruis des dicts ouuriers [...]».

²⁰¹ Juan de TORIJA, *Breve tratado de todo tipo de bóvedas así regulares como irregulares ...*, Madrid, Pablo de Val, 1661, f. 31.

²⁰² Marco VITRUVIO, *De architectura libri decem*, l. I, cap. I; Leon Battista ALBERTI, *De Re Aedificatoria*, l. I, cap. 1, pp. 19-21 de la ed. de Orlandi; v. Lino CABEZAS GELABERT, «Del 'arte de la cantería' al 'oficio de la cantería'», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 139.

²⁰³ Franklin TOKER, «Gothic architecture by remote control: an illustrated building contract of 1340», *Art Bulletin*, 1985, pp. 68, 69.

otros canteros, como las obras en la iglesia londinense de Saint Dunstan de 1381 o las de la abadía de Westminster en 1394.²⁰⁴

La aparición del arquitecto tal como lo conocemos no fue un fenómeno repentino.²⁰⁵ Por alta que fuera la posición de los «arquitectos» medievales respecto a los canteros de a pie, por mucho que se enterraran en los laberintos de las catedrales,²⁰⁶ el reconocimiento de su labor como trabajo intelectual tarda en llegar.²⁰⁷ Recordemos que Aranda advertía, con palabras tomadas del Vitruvio de Urrea, que *los mismos artífices aunque prometan su prudencia si no son ricos y muy favorecidos y bien hablados no pueden alcanzar autoridad conforme a la industria de sus estudios para que se crea que saben aquello que profesan*.

Pierre de Montreuil, el autor de la Sainte Chapelle parisina, es citado como «doctor lathomorum», pero se trata de una excepción; los teólogos niegan a la arquitectura un puesto entre las artes liberales;²⁰⁸ antes bien, clérigos como Nicolas de Biard ven con preocupación la ascensión de una capa dirigente que no se ha formado en las escuelas de las catedrales y los monasterios, sino a pie de obra:

En los grandes edificios suele haber un maestro principal que manda por la palabra, sin trabajar con las manos, y recibe más sueldo que los demás [...] Los maestros, con la regla y los guantes en la mano, dicen a los demás: «Por aquí me cortas» y no trabajan nada y cobran más que los otros: es lo que hacen muchos prelados modernos.²⁰⁹

Así, aunque le pese a Nicolas de Biard, la condición de los maestros mayores se va transformando de hecho, aunque no de derecho. La importancia

²⁰⁴ V. Lon R. SHELBY, «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», *Speculum*, 1964, pp. 389, 395-399, 401-402; Christopher WILSON, *The Gothic Cathedral. The Architecture of the great church 1130-1530*, Londres, Thames and Hudson, 1990, p. 140. Existe traducción española del contrato de Westminster en Joaquín YARZA, et al., *Arte Medieval II. Románico y Gótico*, pp. 306-309; para Saint Dunstan, v. Lon R. SHELBY, *ibid.*, p. 390.

²⁰⁵ V. Nikolaus PEVSNER, «The term 'architect' in the Middle Ages», *Speculum*, 1942, pp. 549-562.

²⁰⁶ Auguste CHOISY, *Histoire de l'Architecture*, pp. 519-520; Nikolaus PEVSNER, «The term 'architect' in the Middle Ages», p. 561; Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 103 de la ed. de 1973; Erwin PANOFKY, *Gothic Architecture and Scholasticism*, pp. 33-34 de la 2ª ed. española; Otto von SIMSON, *The Gothic Cathedral*, p. 274 de la trad. española.

²⁰⁷ V. Christian VANDEKERCHOVE, «L'iconographie medievale de la construction», en *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, p. 78.

²⁰⁸ Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, París, 1953, p. 65 de la ed. de 1973; Franklin TOKER, «Gothic architecture by remote control: an illustrated building contract of 1340», p. 70; Christopher WILSON, *The Gothic Cathedral*, p. 141-143. V. también Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, p. 30.

²⁰⁹ Nicolas de BIARD, cit. por Nikolaus PEVSNER, «The term 'architect' in the Middle Ages», p. 561, Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, París, 1953, pp. 67-67 de la ed. de 1973 o Spiro KOSTOF, p. 80 de la trad. española; Roland RECHT, *Le dessin d'architecture. Origine et fonctions*, p. 46. V. también Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 274, y Pierre du COLOMBIER, *ibid.*, p. 98: ya en el siglo XII Otto de Freising se extrañaba de la alta condición de los maestros italianos que no tenían estudios liberales.

paulatinamente mayor del dibujo favorece esta evolución de dos maneras, como señala Christopher Wilson: por una parte, relaciona de forma muy gráfica la profesión de arquitecto con la geometría, impregnándola del prestigio mítico del *quadrivium*; por otra, permite que los arquitectos dirijan simultáneamente varias obras de importancia.²¹⁰ En las obras grandes comienzan a tener ayudantes, los «parler» germánicos, «aparaeilleurs» franceses o aparejadores españoles, que sabemos que preparan las plantillas; podemos suponer que se encargan de todo el proceso, desde la disposición del área de trazado, el «planiz aparejado» de Hernán Ruiz,²¹¹ al marcado de las plantillas sobre la piedra y suplen al maestro mayor cuando se desplaza a atender otras obras.²¹² Catherine Wilkinson ve en esto un síntoma de debilitamiento del sistema, pero también se puede entender como el primer paso de la evolución a la compleja organización de la obra del Escorial.²¹³

En cualquier caso, en España el proceso de separación entre diseño y ejecución es lento incluso entre los artistas italianos. En la Murcia de principios del siglo XVI, tierra de frontera hasta pocos años antes, tan próxima social y culturalmente a Jaén o Cádiz, el cabildo catedralicio contrata a Jacopo Torni como maestro mayor, es decir, proyectista y director de la fábrica, pero temeroso de perder al maestro al que puede pagar poco, se encarga de buscarle un sobresueldo como ejecutor de retablos.²¹⁴

En la práctica edificatoria de la mitad del siglo XVI la separación entre concepción y ejecución nunca es total.²¹⁵ Desde luego, un maestro puede trazar una obra y otro ejecutarla, cosa que ya sucedía en tiempos de Henry Yevele, pero las dos funciones residen en miembros del mismo oficio. No existen procedimientos generales, fiables y precisos de cambio de escala, y el papel de los dibujos es limitado: proporcionan unas guías generales, se pueden cambiar de escala en algunos casos, como el trazado radial de la catedral de León, pero en general es preciso que el maestro mayor pase largos períodos en la obra para ir no ya replanteando sino reproduciendo el dibujo que realizó en su día con fines de

²¹⁰ Christopher WILSON, *The Gothic Cathedral*, p. 140.

²¹¹ V. p. 117 y ss.

²¹² Hernán RUIZ, *Libro de arquitectura*, f. 13; Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, p. 99 de la ed. de 1973; Franklin TOKER, «Gothic architecture by remote control: an illustrated building contract of 1340», p. 70; Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 76-78; María Dolores CAMPOS SÁNCHEZ-BORDONA, *Juan de Badajoz y la arquitectura del Renacimiento en León*, 1993.

²¹³ Catherine WILKINSON, «The new professionalism in the Renaissance», p. 80 de la trad. española.

²¹⁴ Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, Murcia, Consejería de Cultura, 1987, pp. 64-65. Acerca de otras formas de retener maestros en Galicia, v. Ana GOY DIZ, *Artistas, talleres e gremios en Galicia*, Santiago de Compostela, Universidad, 1998, p. 62.

²¹⁵ V. Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 500-501.

presentación.²¹⁶ Diego de Siloé es uno de los maestros que podría estar más próximo al modelo centro - italiano por formación: hijo de un escultor de gran prestigio, ha viajado a Italia y adquirido allí su formación clásica; gracias a su fama como escultor comienza a introducirse en la arquitectura. En la Sacra Capilla del Salvador de Úbeda actúa como tracista y director, pero no como ejecutor, entre otras cosas porque sus deberes de maestro mayor le ligan a Granada. Pero si su función es la de «arquyteto»,²¹⁷ su profesión es la de cantero; precisa una gran práctica constructiva para dibujar y trazar todas las plantillas necesarias en la obra, como Alonso de Covarrubias; ya vimos que se obliga a dar las trazas del Alcázar de Toledo «en el suelo de la sala».²¹⁸

Por el contrario, el concepto de separación total entre diseño y construcción aparece con toda claridad en el manuscrito anónimo dirigido a Felipe II hacia 1550 que ha sido publicado bajo el título *De architectura* :

al que quiere trabajar de sacar [de las ruinas clásicas] algo en que pudiese aprovechar a sus naturales de tal manera es murmurado de los que tienen hecho ya asiento en la ignorancia [...] porque se profesa el arte de arquitectura siendo oficial que tenga endurecidas las manos y hechos callos ellas de haber tratado muchos años las herramientas, de tal manera levanta contra sí la universidad de los oficiales y aun de muchos otros que no lo son y los favorecen [...] más ¿que se puede decir contra un engaño tan grande en que la mayor parte de la gente vive creyendo que nadie puede ser buen arquitecto que no haya sido oficial, como a la verdad, será por el contrario gran maravilla que hombre que hubiese sido oficial pudiese llegar a ser buen arquitecto? Pues para poderlo ser ha de haber aprendido muchas artes de que con gran dificultad podrían tener noticia los que hubiesen empleado la mejor parte de su tiempo en aprender y ejercitar el oficio que tienen, pues no hay oficio algo mecánico que de sí solo no traiga mucha ocupación [...] decía Aristóteles que los oficiales debieran ser excluidos del número de los ciudadanos porque sus ocupaciones no podían entender a cosa alguna de la utilidad y provecho de la ciudad [...] De esta manera se debe adquirir la experiencia de los edificios y no por haber uno sido oficial pues ninguno de los grandes arquitectos que habemos referido lo fue.²¹⁹

La larga cita es interesante por muchas razones. Durante la primera mitad del siglo, los maestros de formación tradicional han supuesto una rémora para la introducción del Renacimiento en la arquitectura española; la gráfica descripción

²¹⁶ Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, París, B. Bauge, 1854, t. VI, p. 455; Robert BRANNER, «Villard de Honnecourt, Reims and the origin of gothic architectural drawing», *Gazette des Beaux-Arts*, 1963, pp. 129-146; Pierre du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, París, 1953, p. 79 de la ed. de 1973; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 27.

²¹⁷ Manuel GÓMEZ-MORENO Y MARTÍNEZ, *Las águilas del Renacimiento español*, p. 190 de la ed. de 1983.

²¹⁸ Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. IV, p. 53; v. también, del mismo autor, «El problema del arquitecto ...», pp. 186-187; «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI» en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 251; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 196; Roland RECHT, *Le dessin d'architecture*, p. 43; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, p. 47.

²¹⁹ ANÓNIMO, *De Architectura*, pl. 5-9; v. Catherine WILKINSON, «Planning a style for the Escorial: an architectural treatise for Philip of Spain», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1985, p. 43.

de los murmullos «de los que tienen hecho ya asiento en la ignorancia», es decir, los que han conocido el Renacimiento por estampas y dibujos entendidos fuera de contexto, frente al sistema albertiano que forma el núcleo del manuscrito, llegando a la rebelión de «la universidad de los oficiales y aun de muchos otros que no lo son y los favorecen», explican que el autor opte por la separación rígida entre diseño y realización.

No se trata sólo de diferenciar entre la concepción y la dirección, por un lado, y la ejecución, por otro; este paso ya se había dado en la época de Nicolás de Biard; en la España del Renacimiento este estado de la cuestión se refleja en las *Medidas del Romano* de Sagredo publicadas en 1526.²²⁰ El autor de *De Architectura* plantea otra cosa: independizarlas por completo; cuanto menos sepa el diseñador de la ejecución de sus diseños, mejor será. La idea puede parecer propia del Renacimiento, pero su feroz clasismo, su desdén por las manos encallecidas de los trabajadores mecánicos, de los que «hallándose muchos por poco precio [...] no se hallaría por gran dinero un arquitecto»²²¹ es en realidad medieval; no es otra cosa que el desprecio de los sabios «oradores» entre los que se cuenta probablemente el autor del *De Architectura* por los «laboradores» ignorantes y sudorosos.²²²

No parece que esta posición de separación frontal entre teoría y práctica, entre dirección y ejecución, entre dibujo y construcción, esté muy extendida en la España de la mitad del siglo. El status de Covarrubias y Siloé como diseñadores no les exime, al contrario, de la necesidad de «aprender y ejercitar el oficio». Por el contrario, en el entorno del Escorial comienza a abrirse paso no sin dificultades este planteamiento. Como ha puesto de manifiesto Agustín Bustamante, Juan Bautista de Toledo es nombrado Arquitecto del rey en 1561, pero el cargo era independiente del de maestro de obras del Escorial; el esquema no debió de parecer eficaz en los primeros momentos porque Toledo acumula los dos cargos en 1563, después de la muerte de Luis de Vega.²²³

²²⁰ Fernando MARÍAS, «El problema del arquitecto en la España del siglo XVI», *Academia*, 1979, p. 179, y del mismo autor junto con Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, «Un tratado inédito de arquitectura de hacia 1500», *Boletín del Museo e Instituto Camón Aznar*, 1983, p. 47; Pamela O. LONG, «The contribution of architectural writers to a 'scientific' outlook in the fifteenth and sixteenth centuries», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, 1985, pp. 287-288.

²²¹ ANÓNIMO, *De Architectura*, pl. 4.

²²² Para otras interpretaciones del pasaje, v. Catherine WILKINSON, «Planning a style for the Escorial: an architectural treatise for Philip of Spain», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1985, p. 43; Fernando MARÍAS, «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 248; del mismo autor, *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*, Madrid, Sílex, 1992, pp. 141-142; y CRISTINA GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, «Estudio preliminar» a *De Architectura*, Murcia, Colegio Oficial de Arquitectos Técnicos, 1995, pp. XVIII y XXVIII.

²²³ Luis CERVERA VERA, «Desarrollo y organización de las obras del Monasterio de San Lorenzo el Real del Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*,

Por el contrario, en muchas de las obras asociadas al nombre de Juan de Herrera se da, más que en ninguna otra de su tiempo, la separación radical que teorizaba el autor de *De Architectura*.²²⁴ Herrera será cualquier cosa menos maestro mayor del Escorial, cargo que desaparece de la instrucción de 1572.²²⁵ En la fábrica escurialense, el arquitecto trata directamente con el Rey y los aparejadores acaban dependiendo del prior, contador, pagador y veedor,²²⁶ por lo que entre 1572 y 1576 los dibujos preparados en el «estudio del Alcázar» madrileño y aprobados por el Rey eran la vía principal de comunicación entre uno y otros.²²⁷ Además, para Felipe II, la precisión era esencial; los dos factores se combinan para dar al dibujo un papel que no había tenido antes en España.²²⁸ En tiempo de Siloé y Covarrubias

Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, pp. 23-24, 30; Javier RIVERA BLANCO, «La elección del arquitecto, una cuestión de estilo», en *Ideas y diseños (La Arquitectura) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Dirección General de Arquitectura, 1986, p. 48; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, «Juan de Herrera y el Escorial», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 19, y «La arquitectura de Felipe II», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, p. 498; José Luis CANO DE GARDOQUI GARCÍA, «El profesionalismo de los maestros y oficiales de la fábrica del Escorial. La organización de los trabajos», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 32.

²²⁴ V. Fernando MARÍAS, «El problema del arquitecto ...», pp. 184-186; Catherine WILKINSON, «Juan de Mijares and the Reform of Spanish architecture under Philip II», en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, 1977, pp. 444-446; de la misma autora, «Planning a style for the Escorial: an architectural treatise for Philip of Spain», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1985, p. 45, y «Building from drawings at the Escorial», *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 273; Javier RIVERA BLANCO, «La elección del arquitecto, una cuestión de estilo», en *Ideas y diseños (La Arquitectura)*, pp. 57, 59; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 270. Un personaje que interesa a Herrera y Felipe II, John Dee, ve la profesión de arquitecto como una profesión intelectual, e insiste en separar al arquitecto de los artifices, puesto que es «Hed, the Provost, the Director, and Judge of all Artificiall workes, and all Artificers». V. Rudolf WITTKOWER, *English literature in architecture*, pp. 98-99 de la ed. de 1974; René TAYLOR, «Architecture and Magic», pp. 32-35 de la trad. española.

²²⁵ Luis CERVERA VERA, *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, p. 34. Fernando MARÍAS, «El problema del arquitecto ...», pp. 187-88; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 192, 263, 270; «La arquitectura de Felipe II», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, pp. 496, 497. V. también una interesante comparación entre los papeles de Brunelleschi y Herrera en Juan José LAHUERTA, «El 'séptimo diseño' de Juan de Herrera, y la idea del Escorial», *Arquitectura*, 249, 1984, p. 34.

²²⁶ George Edward KUBLER, *Building the Escorial*, pp. 41, 54 de la trad. española; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 32-33, 34, 36, 57, 268-269 señala que en un primer momento los nombra y remueve Juan Bautista de Toledo, pero ya en 1562 fray Juan de Colmenar impone a Pedro de Tolosa, y quedan completamente supeditados a la Congregación formada por el prior, contador y veedor en la Instrucción de 1572.

²²⁷ José CAMÓN AZNAR, «El estilo trentino», *Revista de Ideas Estéticas*, 1945 (Ahora en *Boletín del Museo e Instituto «Camón Aznar»*, IX, 1982, p. 126); Francisco ÍÑIGUEZ ALMECH, *Las trazas del Monasterio de El Escorial*, p. 18; Luis CERVERA VERA, *Documentos biográficos de Juan de Herrera 1572-81*, p. 112; Fernando MARÍAS, «El problema del arquitecto ...», pp. 204-205; *El largo siglo XVI*, pp. 62-63; Agustín BUSTAMANTE y Fernando MARÍAS, «El Escorial y la cultura arquitectónica de su tiempo», en *El Escorial en la Biblioteca Nacional*, p. 120; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, «Juan de Herrera y el Escorial», en *Juan de Herrera y su influencia*, pp. 19-20, 21; y *La octava maravilla del mundo*, pp. 18-19, 23, 194, 270; Lino CABEZAS GELABERT, «Del 'arte de la cantería' al 'oficio de la cantería'», *ibid.*, pp. 140-142; Javier ORTEGA VIDAL, «Hacia un catálogo razonable de la arquitectura de Juan de Herrera. Un criterio topográfico», en *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunwerg, 1997, p. 105.

²²⁸ Catherine WILKINSON, «Building from drawings at the Escorial», *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, Paris, Picard, 1991, pp. 263-278; Fernando MARÍAS, *La*

los dibujos eran básicamente un documento que se sometía al cliente para obtener su aprobación y después una guía para el arquitecto que reproducía el trazado a tamaño natural. Cuando decimos reproducía, queremos decir exactamente que lo repetía, pues no existían procedimientos fiables para cambiar de escala,²²⁹ y los instrumentos de trazar en el papel eran una versión reducida de los instrumentos para trazar a tamaño natural. En el Escorial el dibujo se emplea de un modo completamente diferente, pues de los trazados a tamaño natural se ocupaban los aparejadores, y así los dibujos adquieren el papel de piezas centrales en un sistema complejísimo de órdenes de obra, hasta tal punto que Felipe II llega a decir «antes creo que lo que más convendría aquella obra sería que Juan Bautista estuviese allí muy poco tiempo».²³⁰ De esta manera, la exactitud de los dibujos, las escalas y las cotas llegan a ser esenciales para el gobierno de la enorme fábrica, más que en las grandes obras italianas de la época.²³¹

El planteamiento del autor de *De Architectura* y la práctica organizativa del Escorial no se aceptan sin resistencia, como se ha entendido en ocasiones; por el contrario, son contestados con firmeza.²³² El modelo escorialense de separación entre diseño, dirección y ejecución apenas se extendió fuera del ámbito de las obras reales, e incluso allí encontraba dificultades para su aplicación.²³³ Aranda ejerció las

arquitectura del Renacimiento en Toledo, t. I, pp. 97-98; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 24-25, 270 y «La arquitectura de Felipe II», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, p. 497.

²²⁹ V. p. 174 y ss.

²³⁰ Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 93-94; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 105.

²³¹ Catherine WILKINSON, «Building from drawings at the Escorial», *Les Chantiers de la Renaissance*, pp. 264, 269-270. Algo parecido sucedía en 1570 en Milán, precisamente a raíz del nombramiento a la cabeza de la fábrica de Pellegrino Tibaldi, que después estaría vinculado al Escorial como pintor y quizá como arquitecto; considera que no le corresponde visitar o supervisar la obra de la Catedral de Milán, ni controlar a los canteros, sino únicamente entregar los dibujos, despachar con el maestro de obras y decidir cómo se ha de realizar la obra; la fábrica no piensa lo mismo y está a punto de despedirlo. V. Eugenio BATTISTI, «Propuestas para una historia del concepto de manierismo en arquitectura», p. 102 de la trad. española; Aurora SCOTTI, «Architetti e cantiere a Milano a metà del Cinquecento», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 240, que enfatiza el papel del dibujo como instrumento de transmisión de órdenes en esta situación; para su relación con España, Herrera, la arquitectura y la ciencia, v. René TAYLOR, «Architecture and Magic», p. 37 de la trad. española; María CALÍ, «El Escorial, la 'Figura cúbica' de Herrera y Miguel Angel», *Academia*, 1986, pp. 201-202; Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 549-550; «La iglesia del Escorial: de templo a basílica», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, Madrid, Fundación Argentaria, 1998, pp. 44, 46-48.

²³² V. Franklin TOKER, «Gothic architecture by remote control: an illustrated building contract of 1340», p. 89.

²³³ V. John D. HOAG, *Rodrigo Gil de Hontañón*, p. 40; Catherine WILKINSON, «The career of Juan de Minjares and the Reform of Spanish architecture under Philip II», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1974, p. 132; Ana GOY DIZ, *Artistas, talleres e gremios en Galicia*, Santiago de Compostela, Universidad, 1998, p. 57. Como prueba de las dificultades para la implantación del modelo, hay que tener en cuenta que Felipe II cede en algunas ocasiones ante la fuerza de los hechos, y en 1571 ordena que Juan de Herrera se traslade al Escorial para intervenir en la obra y que se le prepare un aposento; desde 1577 la presencia de Herrera en la fábrica es continua; también hay que tener en cuenta que Herrera se opone sin

tres funciones a lo largo de toda su carrera profesional, como Jerónimo Quijano, Andrés de Vandelvira o Hernán Ruiz el Joven.²³⁴ Recibió una formación tradicional, con toda probabilidad a cargo de su padre y sus tíos. Sin ella no hubiera podido escribir los *Cerramientos* ya que como él mismo dice *los liniamentos de las trazas de monte [...] en nuestros tiempos no las alcanzan a tener si no es aquellos que en su mocedad se han dado a la disciplina del trazar y contra hacerlas*. Aparece en su juventud, en 1582, como mero ejecutor, ni siquiera contratista, en el puente de Castillo de Locubín.²³⁵ Tres años después ya lo encontramos como tracista y ejecutor al mismo tiempo, con un status diferente al de Miguel de Bolívar, sólo constructor.²³⁶ En 1589 figuran ambos en la dirección de las obras de la Abadía de la Mota; por lo que sabemos de esta campaña de obras, hasta 1599 intervienen los dos como tales directores únicamente, porque las trazas son de Ambrosio de Vico y la ejecución corre a cargo de otros canteros.²³⁷ En 1591 aparece ya como diseñador puro, en la obra de la capilla colateral a la cabecera de San Pedro del Castillo de Locubín, que contrata Miguel de Bolívar con trazas de Aranda; lo mismo ocurre en la primera capilla del lado de la epístola de San Francisco de Alcalá la Real.²³⁸

Comprender el papel de Aranda en la reconstrucción de la iglesia mayor de Cádiz requiere un análisis cuidadoso. Figura sin duda como contratista, como ejecutor, mientras que tenemos noticia de unas trazas de Cristóbal de Rojas. Esto llevaba a Antón Solé a plantear, sin base documental, que actuó bajo las órdenes de Rojas. Pero la noticia de tres visitas de Aranda a la catedral destruida, aportada precisamente por Antón Solé y procedente del libro de fábrica de la catedral, complica las cosas. Si Aranda, maestro mayor del obispado, visita la fábrica, es casi con seguridad para dar su parecer en la reconstrucción; por tanto está actuando no como tracista, pero sí como asesor capaz de expresar el parecer del obispado en todo lo tocante a la obra. Tal como exponemos más arriba, razones estilísticas parecen indicar que Aranda influyó en algunos puntos de la reconstrucción, pero también fue influido de manera decisiva en la obra. Hay que pensar más bien en una colaboración, en el proyecto y quizá en la dirección, entre el ingeniero de la Corona y el maestro mayor del obispado puesto que ambos poderes financiaban la obra a partes iguales, no lo olvidemos; dicho sea todo esto sin base documental,

éxito a la sumisión de los aparejadores a la Congregación de burócratas. V. Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 194, 298, 414.

²³⁴ V. Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, pp. 105, 130.

²³⁵ V. p. 23.

²³⁶ V. p. 23. V. también José Policarpo RUIZ CABRERA, «Una obra desconocida de Andrés de Vandelvira y Francisco del Castillo: el puente Mazuecos de Baeza», *Archivo Español de Arte*, 1995, pp. 382-383, sobre la «traza» del puente Mazuecos de Baeza que da Ginés Martínez, tío de Ginés Martínez de Aranda, y que es ejecutada por Juanes de la Carrera y Pedro de Mazueca.

²³⁷ V. p. 33.

²³⁸ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 241.

pero apoyado en el análisis de la obra y en una visión más general de las posiciones de Aranda y Rojas y de su relación personal.²³⁹

En Santiago aparece ante todo como tracista y director; si nos atenemos estrictamente a la documentación, figura como maestro mayor de la catedral, informante sobre las fortalezas de la mitra y tracista de la «obra principal» de San Martín Pinario. Ahora bien, las funciones del maestro mayor de las catedrales españolas incluían el diseño, la dirección y en cierto modo la ejecución, ya que las obras de las iglesias mayores se llevaban por lo general a jornal y no a destajo, y correspondía los maestros la organización general de los trabajos.²⁴⁰ En la fábrica catedralicia debió de ser tracista y director de las reformas de la escalera y el estribo y sólo director del trascoro, mientras que en San Martín Pinario se limitaría a dar una traza que ejecutaría Benito González de Araujo.

Al volver de Santiago, Aranda simultanea de nuevo las posiciones de tracista y ejecutor. Emite informes y quizá traza la cabecera de la iglesia de la Mota, pero también dirige y ejecuta lo que informa,²⁴¹ o levanta los muros de la ermita de la Concepción de Castillo de Locubín *a nivel y a cordel*.²⁴² Los instrumentos que figuran en el inventario de sus bienes, un compás, escuadras, un formón, cinceles y hasta un gancho para levantar piedra, nos dicen que siguió siendo o sintiéndose cantero hasta la muerte.²⁴³

Por tanto, el examen de la carrera de Aranda nos muestra al maestro plenamente inmerso en un modelo en el que las funciones de tracista, director y constructor estaban diferenciadas con relativa claridad, pero correspondían a un mismo tipo de profesional. Este modelo, opuesto a la separación tajante entre las tres funciones teorizada por el autor de *De arquitectura* y ensayada con mayor o menor éxito en las obras reales, parece ser el más generalizado fuera de estos ámbitos; no es de extrañar, pues es el que mejor se asocia a la noción de la arquitectura como una actividad teórica y práctica a la vez que veíamos en el apartado anterior.

6

Geometría experimental

No es la protección de Apolo la que busca De L'Orme, sino la de Mercurio. Y entre todos los saberes, el primer lugar corresponde a la geometría, «la más sutil,

²³⁹ V. p. 40 y ss.

²⁴⁰ John D. HOAG, *Rodrigo Gil de Hontañón*, pp. 53-54; Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 508-509.

²⁴¹ V. p. 66.

²⁴² V. p. 68.

²⁴³ V. p. 70.

más ingeniosa y más inventiva de todas las disciplinas, las cuatro hermanas matemáticas»;²⁴⁴ recordemos que era Euclides el que franqueaba el paso al recinto donde habitaban las ciencias. La geometría parece capaz de resolver cualquier problema, para el abad de Noyon:

no se presentará cosa tan extraña, ni tan difícil, que no encuentren inmediatamente el modo de llevarla a cabo con ayuda de estos trazados acompañados de geometría, que es tan rica que quien la conoce puede hacer cosas admirables.²⁴⁵

De L'Orme no pretende otra cosa que ligar la teoría euclidiana con la práctica de la arquitectura, uniendo al autor de los *Elementos* con Vitruvio, sometiendo a este último a un método.²⁴⁶ Si el arte militar y sobre todo la artillería se entienden como una rama de la mecánica, la ciencia de la fortificación es ante todo geometría.²⁴⁷ Tzonis y Lefaivre han puesto de manifiesto que hasta qué punto se asemejan las líneas de tiro en los dibujos de fortalezas de Leonardo a los rayos ópticos de sus dibujos perspectivas.²⁴⁸ En Rojas, estas líneas nos llevan a pensar en la estereotomía que él mismo recoge, aunque sea de forma esquemática, en su

²⁴⁴ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 51 - 51 v., 86 v. ; Cristóbal de ROJAS, *Compendio y breve resolución de fortificación*, Madrid, Juan de Herrera, 1613, f. 3 (Ed. facsímil en *Tres tratados sobre fortificación y milicia*, Madrid, 1985, CEHOPU): «La qual Geometria es la señora de las sciencias, pues ella no ha menester a ninguna, y a ella todas la han menester para declarar sus verdades»; v. también *ibid*, f. 10 v. La idea tiene precedentes en la Antigüedad tardía y el Medievo. V. Lon R. SHELBY, «The geometrical knowledge of medieval master masons», *Speculum*, 1972, pp. 395, 396, y para un período posterior, Werner SZAMBIEN, *Symétrie, goût, caractère*, Picard, 1986 (Tr. esp. de Juan Calatrava, *Simetría, gusto, carácter*, Madrid, Akal, 1993, p. 11). Para su recepción en España, v. Fernando CHECA, «Los ingenieros del Renacimiento y la mentalidad clasicista», en *Herrera y el clasicismo*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1986, pp. 34, 36-38; «El estilo clásico», en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, Madrid, Cátedra, 1989, pp. 284-286.

²⁴⁵ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f 71 v.: «De sorte qu'il ne se presentera chose tant estrange, ne tant difficile, qu'ils ne trouuent incontinent le moien d'en venir a bout par l'ayde de ces traits estants accompagnez de Geometrie, qui est si riche que celuy qui la cognoist peult faire choses admirables».

²⁴⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 50 r., 54 r. V. Fernando CHECA, «Los ingenieros del Renacimiento y la mentalidad clasicista», en *Herrera y el clasicismo*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1986, p. 34.

²⁴⁷ Antonio CAMPILLO, *La fuerza de la Razón*, p. 172; Fernando CHECA, «El estilo clásico», en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, Madrid, Cátedra, 1989, p. 331; Catherine WILKINSON ZERNER, *Juan de Herrera. Architect to Philip II of Spain*, p. 21; Jorge GALINDO DÍAZ, «La construcción de murallas: un aspecto del saber constructivo presente en los tratados de arquitectura militar (siglos XVI al XVIII)», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, p. 218; Alicia CÁMARA MUÑOZ, *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, p. 101.

²⁴⁸ Alexander TZONIS, y Liane LEFAIVRE, «El bastión como mentalidad», pp. 322, 334 de la trad. española; Cf. J. R. HALE, *Rennaissance fortification: Art or Engineering?*, Londres, Thames and Hudson, 1977, p. 12, que habla de otro célebre diseñador de fortalezas, Filippo Brunelleschi. Sobre óptica, líneas visuales y geometría en la Academia de Matemáticas de Madrid, v. Jose Ramón SORALUCE BLOND, «Ciencia y arquitectura en el ocaso del Renacimiento. Notas para la historia de la Real Academia de Matemáticas de Madrid», *Academia*, 1987, p. 79.

Figura 175. Cristóbal de Rojas, Sumario de la milicia antigua y moderna.

Figura 176. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 5 v.

tratado. Otro tanto sucede en la arquitectura. Rodrigo Zamorano abre su traducción de Euclides diciendo que

de aquí penden todas las demás artes y ciencias. En las cuales clarísimamente se ve la necesidad que tienen de la Geometría. Porque si procedemos de una en otra hallaremos que lo principal que tiene en las artes la Arquitectura en el diseñar de las plantas y constitución de los alzados de los edificios, y de donde más se ayuda, es de la geometría. Y así se ve claro que por falta de esta ciencia se han caído muchos edificios, por no les haber dado la forma debida y que les era necesaria²⁴⁹

La aplicación de la geometría euclidiana contribuye a una renovación radical del viejo saber de los canteros, no tanto por las construcciones concretas empleadas, que como vimos son pocas, sino porque aporta una exigencia de rigor y método desconocida hasta entonces; de esta manera, el antiguo saber artesanal de los pedreros se transforma en una nueva técnica.²⁵⁰ Decimos nueva técnica porque los problemas y los métodos son nuevos en lo sustancial, pero sobre todo porque la gran tradición medieval en este campo es precisamente eso, tradición en la que se ha ido avanzando por prueba y error; en cambio, a partir del siglo XVI se intenta aplicar sistemáticamente la ciencia geométrica propiamente dicha a este problema práctico. Por tanto nos encontramos ante una ciencia aplicada, o una técnica en el sentido estricto del término; la unión de la geometría potencia el saber tradicional hasta el punto de que los que la conocen puede hacer cosas sorprendentes:

el Arquitecto que conozca estos trazados, no tendrá excusas para encontrar una infinidad de bellas invenciones, y hacer cosas que sobrepasarán la fama, ingenio y saber de muchos que se atribuyen el nombre y título de Arquitecto, sin omitir razones acompañadas de demostraciones apropiadas [...] extraídas de la Geometría.²⁵¹

De manera que la geometría proporciona la base teórica que el tracista necesita para inventar nuevos «cortes», puesto que «todos los tipos de bóvedas se pueden hacer [...] por medio de los trazados geométricos, la fuente y origen de los cuales está en Euclides».²⁵² Fray Laurencio de San Nicolás precisa aún más: la que permite innovar es la especulación, y no la práctica: «No se puede negar [...] que [...] hacer

²⁴⁹ Rodrigo ZAMORANO, Prólogo a su traducción de EUCLIDES, *Los seis libros primeros de la geometría*, Sevilla, Alonso de Barrera, 1576.

²⁵⁰ Anthony BLUNT, *Philibert de l'Orme*, p. 116. V. también p. 193 y ss.

²⁵¹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 86 v.: «[...] l'Architecte qui aura cognoissance des dicts traits, ne scauroit prendre excuse qu'il ne puisse trouuer vne infinité de belles inuentions, & faire choses qui surpasseront l'opinion, engin & scauoir de plusieurs qui s'attribuent le nom & tiltre d'Architecte, n'y omettant suffissantes raisons accompagnées de propres demonstrations, [...] extraites de Geometrie [...]». V. Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 197.

²⁵² Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 116 r.: «toutes sortes de voutes se peuent faire, ainsi que nous auons dit, par le moyen des traicts Geoemetrique: la source et origine des quels est en Euclide». V. también f. 119 r.

en esta planta bóveda esquifada, o por arista, tiene su dificultad; más ésta y otras mayores, se vencen especulando».²⁵³

Ahora bien, el mismo San Nicolás nos dice que es necesario confirmar posteriormente las soluciones halladas de manera racional por métodos empíricos: «Si deseas aprovechar, y experimentar este mi escrito, haz cortes de yeso, y por ellos conocerás ser cierto, y concordar lo práctico con lo especulativo».²⁵⁴ Como vimos más arriba, Aranda asegura que *siempre tuve cuidado y principalmente de contra hacer las dichas trazas y ponerlas por modelos antes de ponerlas por escritura*,²⁵⁵ lo que en realidad es un lugar común tomado de Cristóbal de Rojas y que arranca de De L'Orme.²⁵⁶

Nos encontramos así en Fray Laurencio la expresión de un método heurístico verdaderamente sorprendente a nuestros ojos, que ya estaba anunciado en De L'Orme, Rojas y Aranda, pero que el agustino expresa con toda claridad: por decirlo de una manera directa, se aplica el método experimental en geometría.²⁵⁷

La idea es característica del medio técnico de los siglos XV y XVI: la noción de experiencia es central en el quehacer de Leonardo, y en el de Francesco di Giorgio, como vimos; el arquitecto sienés propone construir modelos para estudiar los problemas que plantea la realización de máquinas como los molinos.²⁵⁸ No se trata de una propuesta aislada: los *modelos* se emplean para comprobar la viabilidad de andamios, como el brunelleschiano de Santa Maria del Fiore, de fortalezas, como los que realiza Cristóbal de Rojas con ocasión de su polémica con Julio Laso y más tarde para exponer las obras en la fortificación de Cádiz ante Felipe II, o de máquinas, como el malagueño de Pedro de Santana, ya que lo decisivo para su funcionamiento mecánico es su forma, más que el material o las dimensiones.²⁵⁹

También se emplean los *modelos* no sólo para comprobar la viabilidad geométrica de un corte estereotómico, sino también para asegurar su estabilidad

²⁵³ Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, f. 100 v.

²⁵⁴ Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *ibid.*, f. 91.

²⁵⁵ V. p. 140.

²⁵⁶ Lino CABEZAS GELABERT, «Los modelos tridimensionales de arquitectura», *Anales de Arquitectura*, 1993, p. 10. V. también sobre las pruebas de carga realizadas por De L'Orme, Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996.

²⁵⁷ V. Antonio Luis AMPLIATO BRIONES, «Una propuesta evolutiva. La construcción del espacio en la iglesia del hospital de la Sangre, obra de Hernán Ruiz II», *Quatro edificios sevillanos*, Sevilla, Colegio de Arquitectos, 1996. p. 168; sobre la experimentación en ingeniería, v. Nicolás GARCÍA TAPIA, *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento Español*, Valladolid, Universidad, 1990, pp. 34-35.

²⁵⁸ Francesco di GIORGIO MARTINI, *Codice Torinese Saluzziano 148* (Ed. Corrado Maltese y Livia Maltese Degrassi, *Trattati di architettura, ingegneria e arte militare*, Milán, Il Polifilo, 1967, p. 142); André CHASTEL, *Art et humanisme a Florence au temps de Laurent le Magnifique*, pp. 403-404 de la trad. española.

²⁵⁹ Eduardo MARIÁTEGUI, *El Capitán Cristóbal de Rojas, ingeniero militar del siglo XVI*, Madrid, CEHOPU, 1985, p. 27, 49.

ante la carga.²⁶⁰ Como vimos más arriba, Francisco del Castillo hizo «ensayo y demostración [...] para dar a entender cómo se han de instanciar y restribar los arcos y bóvedas y los demás edificios que se hacen en el aire» por medio de las «muestras que yo hice de figuras de barro». Debemos entonces plantearnos si el quehacer de Castillo es verdaderamente experimental, y no sólo una mera presentación ante el Cabildo. ENSAYAR para Covarrubias «vale hacer prueba» y se usa este término, que relaciona con el toscano «assaggiare», «en el examen que hacemos del oro y plata y los demás metales». Del mismo modo, ENSAYO es «la dicha prueba de bondad y fineza [...] la prueba que se hace de algún acto público, cuando primero se prueba en secreto como ensayo de torneo o otro ejercicio de armas».²⁶¹ Por lo tanto, se debe entender en principio que la maqueta granadina de los arcos y estribos tiene una doble finalidad heurística y expositiva; es al mismo tiempo un «ensayo» por el que Castillo se asegura de la validez de la solución poniéndola a prueba y una «demostración» destinada a convencer al Cabildo de su viabilidad.

El uso de *modelos* conlleva dos limitaciones. La primera afecta a los problemas estructurales, de estática y resistencia de los materiales. Si los *modelos* se utilizan para comprobar la validez de las fórmulas de dimensionado de estribos, como sugieren Heyman, Sanabria y Huerta y como queda claro del «ensayo» de Francisco del Castillo, ronda el problema de los gigantes de Galileo.²⁶² Un gigante pesa ocho veces más que un hombre, pues a densidad constante su masa depende del cubo de su altura; pero a igualdad de la proporción la sección de sus huesos es cuatro veces mayor que la de los huesos del hombre, pues depende del cuadrado de su altura; con lo que la tensión que soportan será el doble de la de los huesos del hombre y si el material es el mismo, el coeficiente de seguridad se verá reducido a la mitad.²⁶³

²⁶⁰ V. Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 274; Santiago HUERTA FERNÁNDEZ, *Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España ca. 1500- ca. 1800*, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1990, pp. 120, 126

²⁶¹ Sebastián de COVARRUBIAS, *Tesoro de la lengua castellana o española*, 1611, f. 353 v.

²⁶² Jacques HEYMAN, «On the rubber vaults of the middle age and other matters», p. 91 de la trad. española; «The gothic structure», p. 233 de la trad. española; Sergio Luis SANABRIA, «The mechanization of design in the XVIth century: The structural formulae of Rodrigo Gil de Hontañón», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1982, pp. 289, 292-293; Salvatore di PASCUALE, «On the Art of Building before Galilei», *Entre mécanique et architecture*, Basel - Boston - Berlin, Birkhäuser Verlag, 1995, pp. 109-111, 116-117; Santiago HUERTA FERNÁNDEZ, *Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España ca. 1500- ca. 1800*, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1990, pp. 120, 126, 164, 285-286, 358.

²⁶³ Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, París, B. Bauge, 1854 (Tr. esp. del artículo «Construction» de Enrique Rabasa, *La construcción medieval*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 155-156).

Sin embargo, como ha puesto de relieve Heyman, en las estructuras de fábrica las tensiones de trabajo son casi siempre muy inferiores a las admisibles del material, por lo que el problema de estas estructuras es de estabilidad y no de resistencia.²⁶⁴ Si esto se da en las estructuras góticas, con raras excepciones, con más razón se cumple en las construcciones del Renacimiento, siempre más generosas en las secciones de los elementos constructivos.²⁶⁵ Ahora bien, en el campo de la estática no opera el paradigma de los gigantes de Galileo; si la resultante de fuerzas pasa por la sección de un contrafuerte, en una estructura dos veces mayor tendrá el doble de excentricidad y pasará por la sección de un contrafuerte de canto dos veces mayor. Por tanto, la experimentación con *modelos* en el campo de las estructuras de fábrica es válida, al menos para cargas fijas uniformemente repartidas y dentro de los límites de las dimensiones y materiales empleados en la construcción renacentista y barroca, sin necesidad de entrar en los ajustes complejos que exige el análisis dimensional y la teoría de modelos para el cálculo de tensiones.²⁶⁶ La consecuencia de esto es que el problema estructural queda reducido a un problema geométrico, a un problema de proporción; de ahí que las reglas de Aranda sobre cálculo de estribos sean básicamente correctas en su planteamiento; como ha dicho Heyman, se pueden concebir reglas mejores, es decir, cuantitativamente más precisas, como las que aporta la estática gráfica, pero siempre serán reglas del mismo tipo.²⁶⁷

En el siglo XVI se percibía de una forma intuitiva que los problemas planteados por las estructuras de la época podían reducirse a términos geométricos.²⁶⁸ Como veíamos más arriba, Rodrigo Zamorano establece una relación directa entre forma y estabilidad de las construcciones, ya que «por falta de [geometría] se han caído muchos edificios, por no les haber dado la forma debida y que les era necesaria». Aunque pueda parecer extraño a nuestros ojos, la idea era de uso común en la época; antes de la aparición del análisis, se busca una

²⁶⁴ Jacques HEYMAN, «The gothic structure», *Interdisciplinary science reviews*, 1977 (Tr. española de María Teresa Valcarce Labrador, en *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1995, pp. 223, 229); Carlos GORDO MURILLO, *Bóvedas oblicuas en cantería*, pp. 22-27, 35.

²⁶⁵ Miguel Angel COBREROS VIME, «Proporción y estructura en los edificios civiles del Renacimiento», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 143, 145.

²⁶⁶ Jacques HEYMAN, «The gothic structure», p. 233 de la trad. española; Santiago HUERTA FERNÁNDEZ, *Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España ca. 1500- ca. 1800*, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1990, pp. 93-95, 289-296, 356.

²⁶⁷ Jacques HEYMAN, «On the rubber vaults of the middle age and other matters», p. 91 de la trad. española; «Beauvais Cathedral», *Transactions of the Newcomen Society*, 1967-68. (Tr. española de Antonio Azcona Olivera, en *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1995, p. 114).

²⁶⁸ Richard J. BETTS, «Structural Innovation and Structural Design in Renaissance Architecture», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1993, p. 14.

base geométrica o proporcional a ciencias como la mecánica.²⁶⁹ Por tanto, la geometría de una pieza es decisiva para su funcionamiento estructural, con independencia del material. En realidad el concepto de geometría es en aquella época más amplio que en la actualidad: comprende la óptica, es la base de la mecánica. Sagredo dice que «Archimedes [...] hizo un artificio ordenado por arte de geometría contra [...] los romanos cuando [tenían] cercada Siracusa en Cecilia: con el cual prendía las naos [...] y las levantava y sacaba del agua y las metía dentro de la cibdad».²⁷⁰ No es de extrañar que a la vista de tan gran poder de la Geometría nos diga a renglón seguido que «el buen architetto se debe proveer ante todas cosas de la sciencia de geometría»²⁷¹

La segunda limitación de los *modelos* es de orden muy diferente. Cuando se emplean *modelos* como instrumento de comprobación de la corrección geométrica de una *traza*, es obvio que la precisión a la que se puede aspirar depende de la escala del modelo. Supongamos, únicamente para ilustrar nuestro argumento, que el detallado modelo siloesco de la catedral de Granada estuviera realizado a escala de un dedo por pie o, en términos actuales, de uno es a dieciséis. En tal caso, la sagita de los lados curvos de las *plantas por cara* del arco de triunfo del presbiterio, a las que nos hemos referido antes, que en la realidad es de unos dos dedos, en el modelo sería de un octavo de dedo, prácticamente inapreciable. Es decir, que una cuestión que da lugar a discusiones importantes en nuestra cantería, pues Aranda rechaza el método de Vandelvira en este punto,²⁷² no se podría juzgar a partir de los *modelos*. Si se pretende una precisión relativa en la talla de la piedra, como en el románico o el gótico, los *modelos* pueden ser útiles para comprobar la corrección geométrica de una *traza*; pero cuando la exactitud comienza a ser obsesiva, como en nuestro Renacimiento, los *modelos* no son suficientes. Por eso De L'Orme, Vandelvira y Aranda cometen errores si se les juzga por el rasero riguroso de la geometría;²⁷³ errores en general sin consecuencias prácticas importantes, que pasarían desapercibidos en los *modelos*, como bien sabe Cristóbal de Rojas:

viene a ser una pequeña falta del instrumento [de topografía] muy grande en la distancia, y esto sucede a la letra en las máquinas o ingenios, que en los modelos parecen muy verdaderos, y al

²⁶⁹ H. BUTTERFIELD, *The Origins of Modern Science*, G. Bell & Sons, 1958, p. 129 de la trad. española; Salvatore di PASCUALE, «Scienza e tecnica del costruire», en *Firenze e la Toscana dei Medici nell'Europa del Cinquecento. Il potere e lo spazio. La scena del Principe*, Florencia, Edizione Medicee, 1980, p. 82; Pier Daniele NAPOLITANI, «La géométrisation des qualités physiques au XVIème siècle: les modèles de la théorie des proportions», *Entre mécanique et architecture*, Basel - Boston - Berlin, Birkhäuser Verlag, 1995, pp. 68-86.

²⁷⁰ Diego de SAGREDO, *Medidas del Romano*, f. A VII de la ed. de 1549.

²⁷¹ Diego de SAGREDO, *ibid.*, f. A VII v.

²⁷² V. p. 95 y ss del Tomo II.

²⁷³ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 114 v., 115 r.

hacerlos grandes, salen muy pesados, y diferentes de lo que prometían en pequeños [...] y así advierto, que el instrumento con que se haya de medir alguna distancia, sea el mayor que se pudiere²⁷⁴

7

Didáctica

La concepción de un modelo profesional que pretende basarse tanto en la teoría como en la práctica se refleja también en el terreno de la formación. El contrato que Martínez de Aranda suscribe en 1597 con su aprendiz Pedro Pablo de Ordóñez distingue perfectamente entre la cantería y la arquitectura como dos saberes independientes. Martínez de Aranda se compromete a enseñarle al aprendiz el oficio de la cantería, pero si quería adentrarse *en el estudio de traza y arquitectura así mismo lo tengo de hacer*.²⁷⁵ Esta distinción va abriéndose camino en la España del final del siglo XVI;²⁷⁶ en Santiago de Compostela y su área de influencia, sólo a mediados del siglo XVII comienzan a separarse las dos enseñanzas.²⁷⁷ Más que sustitución del arte de la cantería por el diseño arquitectónico, como se ha planteado en ocasiones, en el caso de Aranda lo que hay es acumulación de los dos saberes.²⁷⁸

²⁷⁴ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 80 v. V. también David GOODMAN, *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*, p. 104 de la trad. española: cuando se discute sobre diseños de compases de navegación en la Casa de Contratación de Sevilla, un piloto pide que se haga más grande el compás «porque el gobierno fuese más justo y más preciso».

²⁷⁵ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento ...*, p. 277. Cf. Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 502-504: «un primer nivel de la profesión [el que sólo conoce la labra de sillares escuadrados, y a lo sumo, molduras] surgía prácticamente por 'generación espontánea' [...] El segundo nivel, al que no parece corresponder otra titulación específica que no fuera la de oficial de cantería, tendría que producirse a través de la enseñanza de un maestro o aparejador [...] aprendían a trazar las formas que [los canteros de nivel inferior] hallarían, vaiveles de arcos y bóvedas y a preparar sus cortes y contramoldes, dibujándolos a escala uno a uno y trasladándolos a hoja de lata o madera, de forma que todas las piezas unidas y asentadas constituyeran una 'capilla'. Lo que aprenden [es] el arte de la traza de la montea [...] El arte del repartimiento de un edificio [...] vendría todavía más tarde». V. también Antonio de la BANDA Y VARGAS, *El arquitecto andaluz Hernán Ruiz II*, p. 59.

²⁷⁶ V. Fernando MARÍAS «El problema del arquitecto en la España del siglo XVI», *Academia*, 1979, pp. 201-202, para los contratos de un aprendiz de Diego de Velasco de Ávila el Mozo y de Pedro de Mazuecos el Mozo; del mismo autor, Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 455-456; «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, Paris, Picard, 1991, p. 251; *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*, Madrid, Sílex, 1992; Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, pp. 138-139, donde se diferencia la formación de Lorenzo y Juan Rodríguez, aprendices del autor del remate de la Giralda; Lino CABEZAS GELABERT, «Del 'arte de la cantería' al 'oficio de la cantería'», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, p. 137, para Juan del Ribero Rada.

²⁷⁷ Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...*, pp. 90-91. V. también Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de montea», p. 22.

²⁷⁸ V. Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 90-91.

Es preciso tener en cuenta que en el siglo XVI el nivel de formación y especialización de los canteros es muy variable.²⁷⁹ Algunos aparecen indistintamente como canteros o albañiles, entre ellos Andrés de Ribera, el autor de la conocida portada exterior de la Cartuja jerezana de la Defensa;²⁸⁰ quizá estuviera en ese caso el padre de Aranda, Juan de Viana. En el Santiago de la primera mitad del siglo XVII, la mayoría de los canteros no sabían firmar; sí podían suscribir los contratos los maestros de cantería, con dos excepciones de veintidós. Incluso entre los maestros, Goy Diz aprecia notables diferencias de redacción en descripciones de obras o pliegos de condiciones, colocando a Martínez de Aranda en un reducido grupo de artistas «de una exquisita cultura y esmerada educación, modelos del artista renacentista definido por Alberti».²⁸¹

Una muestra de lo divergentes que podían ser los caminos profesionales de los canteros nos la dan las vidas paralelas de Ginés Martínez de Aranda y Miguel de Bolívar. Los dos nacieron hacia la misma época, Ginés en 1556, Miguel alrededor de 1547. Ginés procedía de una familia de gran tradición en la cantería baezana, pero en Alcalá y el Castillo debía de ser visto como un advenedizo. Miguel, en cambio, era hijo y hermano de los dos Juan de Bolívar, canteros bien conocidos en la zona, y además se debería de beneficiar del prestigio de los canteros vascos en la comarca desde la época de Martín de Bolívar y Juan de Marquina.

Los dos maestros aparecen juntos contratando en 1585 la obra de la capilla de la Concepción en San Juan de Alcalá la Real; pero ya existe una clara diferencia entre ellos pues Ginés Martínez además da las trazas, mientras que Miguel de Bolívar se limita a ejecutar la obra con su compañero. De nuevo los encontramos juntos en 1589 en la obra de la abadía de la Mota como codirectores; pero otra vez esa aparente igualdad no va a ser tal y el que se gana la confianza del abad don Maximiliano es Aranda.

²⁷⁹ Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 476; José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, *La arquitectura religiosa granadina en la crisis del Renacimiento (1560-1650)*, Granada, Universidad-Diputación, 1989, p. 37.

²⁸⁰ Hipólito SANCHO DE SOPRANIS, «La arquitectura jerezana en el siglo XVI», *Archivo Hispalense*, 1964, p. 31.

²⁸¹ Ana GOY DIZ, *La arquitectura en Galicia ...* pp. 204-205, 206-207; *Artistas, talleres e gremios en Galicia*, Santiago de Compostela, Universidad, 1998, pp. 57-58, 132-133; v. también María Dolores VILA JATO, y José Manuel GARCÍA IGLESIAS, *Galicia en la época del Renacimiento*, Santiago de Compostela, Hércules, 1993, p. 131. Para el contexto español, v. Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo* t. I, pp. 82-83; «El problema del arquitecto en la España del siglo XVI», *Academia*, 1979, p. 192; otros ejemplos en Margarita ESTELLA, «El testamento de Juan Francés, maestro de cantería», *Archivo Español de Arte*, 1986, p. 96. Cf. Lon R. SHELBY, «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», *Speculum*, 1964, p. 388; Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, p. 288 habla de una «expanding technical literacy in architects' and master masons' circles in the late 16th century», lo que no se puede decir de los canteros de a pie.

Mientras el baezano viaja como maestro mayor a Cádiz y a Santiago, Bolívar se queda en Alcalá afrontando dificultades profesionales. Ya en 1580 se había visto obligado a reducir el precio de su trabajo en el convento de las Trinitarias de Alcalá; no puede terminar la capilla que contrata en 1585 con Beatriz de Eraso;²⁸² en los años noventa cada vez tiene menos obras, algunas de ellas como mero ejecutor de lo trazado por Aranda, como es el caso de la nave colateral a la capilla mayor de San Pedro de Castillo de Locubín.²⁸³ Pero lo que es más significativo, en 1588 el alguacil de la ciudad de Alcalá la Real lo denuncia ante el corregidor junto con Juan Meléndez Vizcaíno y Pedro de Fraguagua, porque ejercían su oficio sin estar examinados como exigían las ordenanzas. Los denunciados responden que lo suyo es un arte y no un oficio, con lo que se inicia un largo pleito ante la Chancillería de Granada, del que se desconoce el final. Es de destacar que no consta que se proceda contra Ginés Martínez de Aranda, que precisamente por aquellos años fija su residencia en Alcalá.²⁸⁴

También su final contrasta vivamente. Las dotes de sus mujeres eran similares, de alrededor de cien mil maravedíes. Pero mientras Aranda ve crecer su patrimonio, que ronda los ciento treinta mil maravedíes en el momento de su boda, hasta el millón trescientos mil que deja a su muerte, Bolívar se va a ver obligado a vender los bienes de su mujer para sobrevivir, hasta el punto de que en su testamento dice no tener bienes para ser enterrado con dignidad.²⁸⁵

Podría exponerse multitud de ejemplos similares: sólo una minoría de canteros pasan al grupo de los «nuevos profesionales».²⁸⁶ En primer lugar, la igualdad «democrática» de los canteros medievales era un mito: en la Granada del siglo XVI se encuadraban en categorías muy distintas, empezando por los canteros de a pie, pasando por los asentadores hasta llegar a los aparejadores y cortistas, que debían de tener una larga tradición;²⁸⁷ en segundo lugar, lógicamente había menos demanda de personal directivo que de mano de obra pura y simple;²⁸⁸ en tercero, no todos tenían la voluntad y la capacidad de adquirir los conocimientos necesarios para convertirse en tracistas, escribir manuscritos, informar sobre

²⁸² Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento* ..., pp. 239-240.

²⁸³ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento* ..., pp. 241-242.

²⁸⁴ José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, *La arquitectura religiosa granadina en la crisis del Renacimiento (1560-1650)*, Granada, Universidad-Diputación, 1989, p. 36.

Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento* ..., pp. 225, 291.

²⁸⁵ Lázaro GILA MEDINA, *Arte y artistas del Renacimiento* ..., pp. 241-242.

²⁸⁶ Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 480, 506; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 413; Ana GOY DIZ, *Artistas, talleres e gremios en Galicia*, pp. 57-58, 132-133.

²⁸⁷ José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, *La arquitectura religiosa granadina en la crisis del Renacimiento*, pp. 33-37; v. también John D. HOAG, *Rodrigo Gil de Hontañón*, p. 44.

²⁸⁸ Cf. Christopher WILSON, *The Gothic Cathedral*, p. 144.

fortificaciones.²⁸⁹ Los maestros a los que se reconoce pericia en la labra, pero no conocimientos teóricos, como Juan de Marquina o Pedro de Tolosa, no pueden ir más allá del oficio de aparejador y cuando se extralimitan son alejados de los centros de poder.²⁹⁰ El grupo de los canteros se escinde; mientras unos pocos, como Aranda, entran en el grupo de los «nuevos profesionales» y disfrutan de las ventajas económicas y sociales de su posición, muchos otros, como Bolívar, no pueden retener su condición tardomedieval de artesanos a los que se concede un cierto margen de libertad. En palabras de Lino Cabezas, del «arte de la cantería» se pasa al «oficio de la cantería»;²⁹¹ pero entre los que dirigen hay, y habrá durante mucho tiempo, profesionales con formación de canteros o al menos, con grandes conocimientos de cantería; de lo contrario, simplemente no podrían mantener el control de sus obras. De L'Orme, que puso en su sitio a Gilles le Breton, el cantero que se había reído de Serlio,²⁹² advierte:

Si el Arquitecto o superior que manda los maestros canteros y otros obreros no está bien preparado y no domina la teoría y práctica de los maestros no solamente todo lo que mande hacer [...] será deforme y ridículo, sino que también él mismo será considerado esclavo del cantero [...] y a causa de su gran ignorancia no le podrá reprender por lo que haga mal [...] Esto se ve claramente en varios edificios hechos según el diseño de algunos Arquitectos, dirigidos por maestros canteros y albañiles que debían estar bajo ellos y que saben más que ellos, que es bien poco si se piensa todo lo que es necesario en este arte. Al contrario y al revés de lo que debería ser; porque el Arquitecto debe enseñar a los maestros y obreros, y no ser dirigido por ellos²⁹³

²⁸⁹ Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 480; José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, *La arquitectura religiosa granadina en la crisis del Renacimiento*, 1989, pp. 33, 37.

²⁹⁰ Véronique GÉRARD POWELL, «L'organisation des chantiers royaux en Espagne au XVI^e siècle», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, Paris, Picard, 1991, p. 161; Catherine WILKINSON, «The career of Juan de Minjares and the Reform of Spanish architecture under Philip II», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1974, pp. 122-132 y esp. p. 132.

²⁹¹ Lino CABEZAS GELABERT, «Del 'arte de la cantería' al 'oficio de la cantería'», en *Juan de Herrera y su influencia*, pp. 137-142. No podemos estar de acuerdo en la afirmación de Javier Rivera, que hace suya Cabezas, de que «Este nuevo carácter, plenamente clasicista [de la profesión de arquitecto] supone la destrucción de la tradición medieval de los 'maestros mayores' formados en los tajos de las fábricas». Como se verá a continuación, hay que hablar de transformación, radical si se quiere, pero no destrucción. Por otra parte, Juan Bautista VILLALPANDO, *De postrema Ezechielis prophetiae visione*, Roma, 1604, vol. II, l. I, cap. II, señala la dificultad que experimentan los que no son arquitectos a la hora de imaginar un edificio no construido. Como dice Cabezas, esto puede excluir a los canteros puros. Sin embargo, con más razón que a los canteros, a los que hay que reconocer una cierta visión espacial fruto de la práctica de la tomotecnia, excluye a los arquitectos de formación pictórica.

²⁹² Anthony BLUNT, *Philibert de l'Orme*, p. 29, 60; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, pp. 42-43. V. también Pierre du COLOMBIER, y Pierre d'Espezel, «Le sixième livre retrouvé de Serlio et l'architecture française de la Renaissance», *Gazette des Beaux-Arts*, 1934, p. 48; Anthony BLUNT, *Art and Architecture in France 1500-1700*, Londres, Pelican, 1953 (4^o ed. 1980, p. 73).

²⁹³ Philibert de L'ORME, *Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais*, f. 37 v.-38: «C'est que si l'Architecte ou superieur qui commande aux maistres maçons & autres ouuriers n'en est bien muny, & n'entend promptement leur theorique & pratique, non seulement tout ce qu'il commandera faire [...] le plus de temps sera difforme et ridicule, mais aussi luy reputé comme esclave de maistre maçon [...] & ne le

En este contexto, el papel del tratadista de cantería será muy diferente del que le corresponde al simple cantero: al autor le corresponde la **invención** de nuevas *trazas* frente a la mera aplicación de los métodos por parte de los obreros.²⁹⁴ Para entender correctamente los textos de cantería del siglo XVI es necesario tener en cuenta que se dirigen preferentemente a los canteros de a pie, no a la minoría ilustrada.²⁹⁵ Philibert de L'Orme no escribe para *hombres doctos y personas eminentes y tracistas* sino para «los maestros de obras, canteros y obreros», lo que le lleva a utilizar su lenguaje:

hablaré enteramente de todo el trazado, que describiré lo más detallada y simplemente que pueda, y no con un método y tan exquisita curiosidad de demostraciones como los doctos profesores de Geometría, y otras partes de las matemáticas. Haciendo esto seguiremos, lo más de cerca que podamos, los términos, lenguaje y modos de los obreros, para que más fácilmente puedan concebir, y entender lo que les queremos decir.²⁹⁶

Como De L'Orme, Aranda no se dirige tanto a los *elevados y sutiles ingenios* sino que pretende que *los medianos sean de ellas participantes según que sean enclinados al arte*.²⁹⁷ Esto no es retórica vacía; Julián Firrufino, catedrático de Matemáticas en la Academia instituida por Felipe II y dirigida por Herrera, ingeniero «muy docto en las matemáticas» da lecciones en Málaga y Sevilla; a las últimas asisten doscientas personas, setenta y cuatro de las cuales «que son polvoristas, carpinteros, herreros, canteros y albañiles están alistados para servir a

pourra reprendre de ce qu'il fera mal, pour la grande ignorance qui est en luy [...] Ce qu'on voit clairement en plusieurs edifices faictz par l'ordonance de certains Architectes, conduictz des maistres maçons & ouuriers qui estoient dessoubz eux, & en sçauoient beaucoup plus qu'eux: qui est bien peu si on regarde tout ce qui est requis à l'art. Au contraire & au rebours de ce qui doit estre: car l'Architecte doit dresser & conduire les maistres & ouuriers, & n'estre dressé ou conduit d'eux». V. también Cristóbal de ROJAS, *Compendio y breve resolución de fortificación*, Madrid, Juan de Herrera, 1613, f. 39-14 v. (Ed. facsímil en *Tres tratados sobre fortificación y milicia*, Madrid, 1985, CEHOPU): «conviene mucho la experiencia por no estar sujeto al poco saber de los albañiles, que en oliendo que el Ingeniero no es práctico, a vueltas de espaldas se burlan, y mofan de él, y todo viene en daño de la fábrica [...]»; Anthony BLUNT, *Philibert de l'Orme*, Londres, Zwemmer, 1958, p. 2, 109; y Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, p. 82.

²⁹⁴ Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, pp. 97, 123, 127.

²⁹⁵ Una orientación parecida se dan en las traducciones de Vitruvio; v. Pamela O. LONG, «The contribution of architectural writers to a 'scientific' outlook in the fifteenth and sixteenth centuries», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, 1985, pp. 288-291.

²⁹⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 74 v: «ie parleray entierement de toute la façon du traict, lequel ie descriray le plus particulierement & simplement que ie me pourray aduiser, & non point auecques vne methode, & si exquise curiosité de demonstrations qu'est celle des doctes professeurs de Geometrie, & des autres parties des Mathematiques. Quoy faisant nous vsurons, au plus pres que faire se pourra, des termes, langage & façons que les ouuriers, à fin que plus facilement ils puissent concevoir & entendre ce que nous voudrons dire». V. también f. 31, 125 r., 156.

²⁹⁷ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, prólogo AL LECTOR, s. n.

V. Md.». En Cádiz sigue su ejemplo Juan Cedillo Díaz, ayudante de Cristóbal de Rojas, también profesor de náutica, geometría y matemáticas en la Academia.²⁹⁸

El lenguaje de los obreros, de origen medieval, es completamente distinto del léxico clásico de la geometría. Frente a las líneas de los geómetras, que pueden ser PLANAS o PERPENDICULARES, y en ANGULO RECTO o PARALELAS, y las LINEAS CURVAS, que pueden ser CONCAVAS o CONVEXAS, los canteros realizan TRAZOS A PLOMO o A NIVEL, A TRAINEL o EN ESCUADRÍA, y CERCHAS CAVADAS o REDONDAS. Vandelvira se mueve como pez en el agua en los dos terrenos, tiende puentes entre ellos, cita a Euclides y al gran divulgador Juan Pérez de Moya.²⁹⁹

Las intenciones didácticas de Aranda se manifiestan a través de otra forma de expresión. Conoce los términos de la geometría, como *angulo reto*, *linia*, *perpendicular* o *paralela*, pero en general prefiere formas como *a plomo*, *de cuadrado*, *cavada* o *redonda*, para hacerse entender sin ambigüedades y *sacar a luz la grande obscuridad que los términos dellas tienen*.³⁰⁰

Ahora bien, si las intenciones didácticas de De L'Orme y Aranda son las mismas, la forma de ponerlas en práctica es muy diferente. El abad de Noyon

las [trazas] describiría con agrado si no fuera porque la materia sería muy larga y el discurso muy enojoso para quien las quisiera explicar y comentar, por la infinita diversidad de invenciones que podría dar. Es suficiente, me parece, mostrar solamente los principios y el método: porque [para] los que se tomen la molestia, encontrarán la solución siempre, cualquiera que sea la obra que han de hacer. De manera que no se presentará cosa tan extraña, ni tan difícil, que no encuentren inmediatamente el modo de llevarla a cabo con ayuda de estos trazados acompañados de geometría, que es tan rica que quien la conoce puede hacer cosas admirables³⁰¹

²⁹⁸ Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, p. 109; Alicia CÁMARA MUÑOZ, «Juan de Herrera y la arquitectura militar», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, p. 94; David GOODMAN, *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*, pp. 96, 152, 153 de la trad. española; María Isabel VICENTE MAROTO, «Juan de Herrera, científico», *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunewerg, 1997, pp. 161-164; Cf. Julius von SCHLOSSER, *Die Kunstliteratur*, p. 239 de la trad. española: el «inculto artesano» Durero compra libros de Euclides porque está convencido de que la práctica del arte debe estar basada en el pensamiento teórico.

²⁹⁹ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 3 r. - 5 v., 22 v.; v. también Abraham BOSSE, *La pratique du traict a preuues de M. Desargues pour la coupe des pierres en l'Architecture*, París, Abraham Bosse, 1643, pp. 3-4; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, «Présentation des traités», en Philibert de L'Orme, *Traité d'architecture*, París, Leonce Laget, 1988, p. 22.

³⁰⁰ Cf. Diego LÓPEZ DE ARENAS, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco y tratado de alarifes*, Sevilla, Luis Estupiñán, 1633 (Ed. de María Angeles Toajas Roger, Madrid, Visor, 1997, p. 91): «aqueste Compendio [...] lo escribo en el modo en que yo lo uso y se usa, sin querer oscurecerlo hablando en términos geométricos».

³⁰¹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 71: «lesquelles ie descrirois volontiers n'estoit que la matiere seroit trop longue, & le discours fort ennuyeux qui les vouldroit toutes proposer & expliquer, pour l'infinie diuersité d'inuentions que i'en pourrois donner. Il suffit, à ce que me semble, d'en monstrier seuelement les principes & methode : pour autant que ceux qui en apres voudront prendre peine, en troueront à tous propos, selon les oeures qu'ils auront a faire. De sorte qu'il ne se presentera chose tant

Por tanto, el programa de Philibert es reductivo: aunque dice conocer «más de doscientos trazados» pretende agruparlos en seis problemas: la *decenda*, el arco, la trompa, la bóveda esférica, la escalera y el caracol.³⁰² No tendrá tiempo de llevar a la práctica sus intenciones, pero la antorcha la recogerá Desargues, que reduce arcos esviados y *decendas* a una sola noción general de oblicuidad, al mismo tiempo que abre una nueva vía didáctica, la del dibujo como **representación** de la pieza y no como trasunto de la *montea*.³⁰³

Aranda es más escéptico respecto a la capacidad de *los medianos ingenios*³⁰⁴ para comprender cómo se obtienen unas trazas de otras aplicando los mismos criterios y se lanza a un programa de espíritu enciclopédico: describir una a una, no ya todas las trazas conocidas, sino sus combinaciones posibles; recordemos que si Vandelvira ofrece catorce arcos y De L'Orme nueve, Aranda incluye setenta; si en el *Premier Tome* encontramos dos *capialzados* y en el manuscrito de Vandelvira once, en Aranda tenemos cincuenta y uno.³⁰⁵

Tal multiplicidad de trazas deriva de un arte combinatoria que no está lejana de su propia experiencia entrelazando escaleras en Santiago, ni del mundo herreriano.³⁰⁶ Las dificultades tradicionales de la cantería se superponen: si Vandelvira nos presenta arcos *en viaje*, *en torre redonda* o *cavada*, *avanzados* o *en rincón y esquina* aisladamente, Aranda explora sus combinaciones tomados de dos

estrange, ne tant difficile, qu'ils ne trouuent incontinent le moien d'en venir à bout par l'ayde de ces traits estants accompagnez de Geometrie, qui est si riche que celuy qui la cognoit peult faire choses admirables». V. Philippe POTIÉ, *Philibert de L'Orme. Figures de la pensée constructive*, p. 147.

³⁰² Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 128 r.; v. V. Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, p. 234.

³⁰³ Abraham BOSSE, *La pratique du trait a preuves du sieur Desargues por la coupe des pierres...*, pp. 18, 35-38; Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie* t. I, pp. 293 -298; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 98; Joël SAKAROVITCH, «Le fascicule de stéréotomie, entre savoir et métiers, la fonction de l'architecte», en *Desargues en son temps*, pp. 348, 351; Sobre la influencia de Desargues en la estereotomía española, o más bien sobre su ausencia, puede verse Javier NAVARRO DE ZUVILLAGA, «L'influence des traités de Desargues dans les traités espagnols», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, pp. 313-330.

³⁰⁴ V. Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», p. 293, donde describe cómo Vandelvira gradúa las dificultades, y Joël SAKAROVITCH, «Le fascicule de stéréotomie : entre savoir et métiers, la fonction de l'architecte», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, pp. 355, 358 sobre las virtudes pedagógicas de esta forma de exposición frente a la generalización de Desargues.

³⁰⁵ Sobre la variedad como categoría estética en Serlio y Giulio Romano, v. John SHEARMAN, *Mannerism*, p. 168 de la trad. española.

³⁰⁶ Fernando MARÍAS, *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*, Madrid, Sílex, 1992, pp. 212, 215; V. Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, Memoria de oposición a la Cátedra de Geometría Descriptiva, Universidad Politécnica de Madrid, 1997, p. 54; Manuela MORRESI, «Philibert de L'Orme. Le patrie de la lingua», en Anthony BLUNT, *Philibert de L'Orme*, Milán, Electa, 1997, pp. 169-171.

Tabla delo extendido en el libro

<u>Libro primero de las de financia de las</u>			
Titulo primero de la de financia de las	2	Titulo 30 arroyo de la de financia de las	23
Titulo segundo de la de financia de las	3	Titulo 31 arroyo de la de financia de las	23
Titulo tercero de la de financia de las	7	Titulo 32 arroyo de la de financia de las	24
Titulo quarto de la de financia de las	7	Titulo 33 arroyo de la de financia de las	25
Titulo quinto de la de financia de las	8	Titulo 34 arroyo de la de financia de las	25
Titulo sexto de la de financia de las	8	Titulo 35 arroyo de la de financia de las	26
Titulo septimo de la de financia de las	8	Titulo 36 arroyo de la de financia de las	27
Titulo octavo de la de financia de las	9	Titulo 37 arroyo de la de financia de las	28
Titulo noveno de la de financia de las	9	Titulo 38 arroyo de la de financia de las	30
Titulo diezmo de la de financia de las	10	Titulo 39 arroyo de la de financia de las	31
Titulo once de la de financia de las	10	Titulo 40 arroyo de la de financia de las	32
Titulo doce de la de financia de las	11	Titulo 41 arroyo de la de financia de las	32
Titulo trece de la de financia de las	11	Titulo 42 arroyo de la de financia de las	33
Titulo catorce de la de financia de las	12	Titulo 43 arroyo de la de financia de las	34
Titulo quince de la de financia de las	12	Titulo 44 arroyo de la de financia de las	35
Titulo dieciseis de la de financia de las	13	Titulo 45 arroyo de la de financia de las	36
Titulo diecisiete de la de financia de las	14	Titulo 46 arroyo de la de financia de las	37
Titulo dieciocho de la de financia de las	15	Titulo 47 arroyo de la de financia de las	37
Titulo diecinueve de la de financia de las	16	Titulo 48 arroyo de la de financia de las	38
Titulo veinte de la de financia de las	17	Titulo 49 arroyo de la de financia de las	39
Titulo veintiuno de la de financia de las	18	Titulo 50 arroyo de la de financia de las	40
Titulo veintidós de la de financia de las	19	Titulo 51 arroyo de la de financia de las	41
Titulo veintitres de la de financia de las	20	Titulo 52 arroyo de la de financia de las	42
Titulo veinticuatro de la de financia de las	21	Titulo 53 arroyo de la de financia de las	43
Titulo veinticinco de la de financia de las	22	Titulo 54 arroyo de la de financia de las	44
Titulo veintiseis de la de financia de las	23	Titulo 55 arroyo de la de financia de las	45
Titulo veintisiete de la de financia de las	24	Titulo 56 arroyo de la de financia de las	46
Titulo veintiocho de la de financia de las	25	Titulo 57 arroyo de la de financia de las	47
Titulo veintinueve de la de financia de las	26	Titulo 58 arroyo de la de financia de las	48
Titulo treinta de la de financia de las	27	Titulo 59 arroyo de la de financia de las	49
Titulo treinta y uno de la de financia de las	28	Titulo 60 arroyo de la de financia de las	50
Titulo treinta y dos de la de financia de las	29	Titulo 61 arroyo de la de financia de las	51
Titulo treinta y tres de la de financia de las	30	Titulo 62 arroyo de la de financia de las	52
Titulo treinta y quatro de la de financia de las	31	Titulo 63 arroyo de la de financia de las	53
Titulo treinta y cinco de la de financia de las	32	Titulo 64 arroyo de la de financia de las	54
Titulo treinta y seis de la de financia de las	33	Titulo 65 arroyo de la de financia de las	55
Titulo treinta y siete de la de financia de las	34	Titulo 66 arroyo de la de financia de las	56
Titulo treinta y ocho de la de financia de las	35	Titulo 67 arroyo de la de financia de las	57
Titulo treinta y nueve de la de financia de las	36	Titulo 68 arroyo de la de financia de las	58
Titulo cuarenta de la de financia de las	37	Titulo 69 arroyo de la de financia de las	59
Titulo cuarenta y uno de la de financia de las	38	Titulo 70 arroyo de la de financia de las	60
Titulo cuarenta y dos de la de financia de las	39	Titulo 71 arroyo de la de financia de las	61
Titulo cuarenta y tres de la de financia de las	40	Titulo 72 arroyo de la de financia de las	62
Titulo cuarenta y quatro de la de financia de las	41	Titulo 73 arroyo de la de financia de las	63
Titulo cuarenta y cinco de la de financia de las	42	Titulo 74 arroyo de la de financia de las	64
Titulo cuarenta y seis de la de financia de las	43	Titulo 75 arroyo de la de financia de las	65
Titulo cuarenta y siete de la de financia de las	44	Titulo 76 arroyo de la de financia de las	66
Titulo cuarenta y ocho de la de financia de las	45	Titulo 77 arroyo de la de financia de las	67
Titulo cuarenta y nueve de la de financia de las	46	Titulo 78 arroyo de la de financia de las	68
Titulo cinquenta de la de financia de las	47	Titulo 79 arroyo de la de financia de las	69
Titulo cinquenta y uno de la de financia de las	48	Titulo 80 arroyo de la de financia de las	70
Titulo cinquenta y dos de la de financia de las	49	Titulo 81 arroyo de la de financia de las	71
Titulo cinquenta y tres de la de financia de las	50	Titulo 82 arroyo de la de financia de las	72
Titulo cinquenta y quatro de la de financia de las	51	Titulo 83 arroyo de la de financia de las	73
Titulo cinquenta y cinco de la de financia de las	52	Titulo 84 arroyo de la de financia de las	74
Titulo cinquenta y seis de la de financia de las	53	Titulo 85 arroyo de la de financia de las	75
Titulo cinquenta y siete de la de financia de las	54	Titulo 86 arroyo de la de financia de las	76
Titulo cinquenta y ocho de la de financia de las	55	Titulo 87 arroyo de la de financia de las	77
Titulo cinquenta y nueve de la de financia de las	56	Titulo 88 arroyo de la de financia de las	78
Titulo sesenta de la de financia de las	57	Titulo 89 arroyo de la de financia de las	79
Titulo sesenta y uno de la de financia de las	58	Titulo 90 arroyo de la de financia de las	80
Titulo sesenta y dos de la de financia de las	59	Titulo 91 arroyo de la de financia de las	81
Titulo sesenta y tres de la de financia de las	60	Titulo 92 arroyo de la de financia de las	82
Titulo sesenta y quatro de la de financia de las	61	Titulo 93 arroyo de la de financia de las	83
Titulo sesenta y cinco de la de financia de las	62	Titulo 94 arroyo de la de financia de las	84
Titulo sesenta y seis de la de financia de las	63	Titulo 95 arroyo de la de financia de las	85
Titulo sesenta y siete de la de financia de las	64	Titulo 96 arroyo de la de financia de las	86
Titulo sesenta y ocho de la de financia de las	65	Titulo 97 arroyo de la de financia de las	87
Titulo sesenta y nueve de la de financia de las	66	Titulo 98 arroyo de la de financia de las	88
Titulo setenta de la de financia de las	67	Titulo 99 arroyo de la de financia de las	89
Titulo setenta y uno de la de financia de las	68	Titulo 100 arroyo de la de financia de las	90
Titulo setenta y dos de la de financia de las	69		
Titulo setenta y tres de la de financia de las	70		
Titulo setenta y quatro de la de financia de las	71		
Titulo setenta y cinco de la de financia de las	72		
Titulo setenta y seis de la de financia de las	73		
Titulo setenta y siete de la de financia de las	74		
Titulo setenta y ocho de la de financia de las	75		
Titulo setenta y nueve de la de financia de las	76		
Titulo ochenta de la de financia de las	77		
Titulo ochenta y uno de la de financia de las	78		
Titulo ochenta y dos de la de financia de las	79		
Titulo ochenta y tres de la de financia de las	80		
Titulo ochenta y quatro de la de financia de las	81		
Titulo ochenta y cinco de la de financia de las	82		
Titulo ochenta y seis de la de financia de las	83		
Titulo ochenta y siete de la de financia de las	84		
Titulo ochenta y ocho de la de financia de las	85		
Titulo ochenta y nueve de la de financia de las	86		
Titulo noventa de la de financia de las	87		
Titulo noventa y uno de la de financia de las	88		
Titulo noventa y dos de la de financia de las	89		
Titulo noventa y tres de la de financia de las	90		
Titulo noventa y quatro de la de financia de las	91		
Titulo noventa y cinco de la de financia de las	92		
Titulo noventa y seis de la de financia de las	93		
Titulo noventa y siete de la de financia de las	94		
Titulo noventa y ocho de la de financia de las	95		
Titulo noventa y nueve de la de financia de las	96		
Titulo cien de la de financia de las	97		

Figura 177. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, índice.

Figura 178. Abraham Bosse, La pratique du trait a preuves de M. Desargues pour la coupe des pierres, f. 5.

en dos o de tres en tres, y las agrupa por relaciones de vecindad y analogía.³⁰⁷ En cierto modo, se trata de un método prebarroco³⁰⁸ que anuncia el «esprit de système» que según D'Alembert caracteriza a la época; no hay nada en él del carácter poco sistemático que Pérouse de Montclos atribuye a Vandelvira y hace extensivo al conjunto de la cantería española.³⁰⁹

Las posibilidades de esta combinatoria, obvio es decirlo, son *muchas e infinitas*, y Aranda se queda irremisiblemente corto: los arcos de Oñate, los capialzados de San Martín Pinario y de los sótanos del Escorial, las ventanas de Trujillo, son variantes de sus variantes; él mismo admite *que harto será comenzar y abrir el camino a los que fueren más avisados y no menos deseosos de ayudar a enriquecer este arte que yo*.

El reconocimiento de las intenciones y la sistemática de Aranda como esencialmente didácticas obliga a examinar de nuevo la visión de la *montea* del Renacimiento hispánico como un saber tradicional, empírico y estático que se ha defendido en algunos trabajos de los últimos años, basándose ante todo en la ausencia de demostraciones en los textos de nuestra cantería.³¹⁰ Hay que decir en

³⁰⁷ V. Michel FOUCAULT, *Les mots et les choses*, París, Gallimard, 1966 (Tr. española de Elsa Cecilia Frost, *Las palabras y las cosas*, 25 ed., Siglo XXI, Madrid, 1997, p. 46).

³⁰⁸ V. p. 125 del Tomo II y 62 y ss., 94, y 173 del Tomo III.

³⁰⁹ Christian NORBERG-SCHULZ, *Architettura tardobarocca*, Milán, Electa, 1971. (Tr. esp. de Luis Escolar Bareño, *Arquitectura barroca tardía y rococó*, Madrid, Aguilar, 1973, p. 9); Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 202. Debe tenerse en cuenta que el autor escribe antes de la publicación de los *Cerramientos*; significativamente excluye de entre los tratados españoles «plus pratiques, moins spéculatifs, moins systématiques» a Tosca y Bails, inspirados directamente por Milliet Dechaes y Frézier respectivamente. V. también Roland RECHT, *Le dessin d'architecture*, p. 111, Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Estudio crítico», en Benito Bails, *De la arquitectura civil*, p. 91-95 y sobre la relación entre sistemática y didáctica, Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, Memoria de oposición a la Cátedra de Geometría Descriptiva, Universidad Politécnica de Madrid, 1997, p. 51.

³¹⁰ Fernando MARÍAS, «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», en *Les Chantiers de la Renaissance*, p. 250: «Testimonios [de la formación tradicional de los canteros] son las recopilaciones de recetas constructivas y de estereotomía (los Libros de cortes de piedra, como los de Francisco Lozano, Alonso de Vandelvira o Ginés Martínez de Aranda), carentes de cualquier tipo de justificación teórica, formal o matemática y resultado exclusivo de un saber empírico, práctico» V. también del mismo autor *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 87-88; «El problema del arquitecto en la España del siglo XVI», *Academia*, 1979, pp. 197-98; *El largo siglo XVI*, p. 501, 512; en la misma línea, Rafael LÓPEZ GUZMÁN, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, Granada, Diputación, 1987, p. 37. Sin embargo, MARÍAS parece haber matizado su posición en parte, pues en «Trazas, trazas, trazas. Tipos y funciones del diseño arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 352, distingue entre el carácter operativo de los textos y la naturaleza de la disciplina: «Una visión exclusivamente 'italianocéntrica' de nuestra arquitectura tendería a excluir aquel primer tipo de traza, de montea, de la consideración real de diseño, [...] Sin embargo, parece haber gozado de una consideración y un predicamento la *traza* de montea que hoy se nos hace difícil aceptar, quizá porque estos dibujos hayan llegado a nosotros en forma de 'recetas', como unidades de prontuarios, como unidades o 'módulos compositivos', más que como composiciones de conjunto [...] De la importancia concedida a la traza de montea [...] serían buenos testimonios algunos hechos [como] el concurso para la maestría mayor de la

primer lugar que la ausencia de demostraciones en los textos de cantería españoles y franceses anteriores a Frézier es general, y que en varias ocasiones se justifica por el carácter didáctico de estas obras. Es su auditorio, y no el carácter supuestamente acientífico de su saber, el que lleva a De L'Orme a no incluir demostraciones en su tratado:

porque escribimos principalmente para maestros de obras y canteros, entre los cuales se encuentran algunos que comprenderán incontinent el artificio, sin ninguna demostración, presentándoles solamente la figura sin ninguna escritura y señaladamente los que tienen alguna destreza; de modo que tomando el compás en la mano, trazarán inmediatamente las líneas propias y convenientes.³¹¹

y en otro orden de cosas

Puesto que hoy varios tienen escuelas y hacen profesión de enseñarlas [la Aritmética y la Geometría] no tomaré el trabajo de escribir más largo y evitaré varias demostraciones sobre las cuales pasaré rápidamente [...] tenemos varios libros, no solamente latinos, sino también franceses, italianos, y en todos los demás idiomas, que tratan [estas ciencias] docta y familiarmente.³¹²

Aranda justifica de manera más concisa su laconismo, puesto que *si las escrituras que contienen preceptos ampliamente no se resumen y abrevian y con pocas palabras se declaran pondrán en duda a los lectores*,³¹³ ya que

*la dificultad que describir estas dichas trazas hay es la que se tiene en hallar moneda de buen metal y subida de quilates porque así como es más estimada la que debajo de menos materia contiene más valor así es más excelente traza la que en pocas palabras tiene encerrados muchos y notables puntos de geometría.*³¹⁴

aunque no llega hasta el extremo de Cristóbal de Rojas, que sí «presenta solamente la figura sin ninguna escritura».

catedral granadina [o] la redacción del curso manuscrito de arquitectura del jesuita Jean-Charles de la Faille».

³¹¹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 58 v.: « [...] car nous l'escriuons principalement pour les tailleurs de pierres & maistres maçons, entre les se trouueront quelques uns qui comprendront incontinent l'artifice, voire sans aucune demonstration, en leur presentant seulement la figure sans aucune escritura, & signamment ceux qui ont dextérité d'esprit: de sorte que prenant le compas a la main ils se dresseront incontinent sur les lignes propres & conuenables». V. también f. 63 v., 64 v.

³¹² Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 31 v. «N'estoit q'aujourd'huy plusieurs en tiennent escholes, & font profession de les enseigner, ie mettrois peine d'en ecrire plus au long, & m'arresterois à beaucoup de demonstrations lesquelles ie passeray legerement ... nous auons plusiers liures, non seulement Latins, mais aussi François, Italiens & en toutes autres langues, qui en traictent docte et familièrement». También en otras disciplinas, como en la perspectiva, se reducen las explicaciones al mínimo. V. sobre Jean Viator, Juan Antonio RAMÍREZ, *Construcciones ilusorias. Arquitecturas descritas, arquitecturas pintadas*, Madrid, Alianza, 1983, p. 72.

³¹³ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, prólogo AL LECTOR.

³¹⁴ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, prólogo AL LECTOR.

Por tanto, donde hay que buscar el sustrato teórico y matemático no es en los manuscritos en sí, que excluyen las demostraciones por su carácter de instrumento de utilización a pie de obra, como los tratados de tomotecnia que les siguen o cualquier prontuario de nuestros días.³¹⁵ Lo dice muy claramente no un cantero tardomedieval, sino el autor de la iglesia parisina de Saint-Paul-Saint-Louis, el introductor del estilo jesuita en Francia:

hemos buscado en este Tratado más el hacernos inteligibles que el agradar al lector con palabras escogidas y períodos redondos [...] con toda intención no hemos querido adjuntar las demostraciones de nuestros Trazados, a la práctica que proponemos en este Tratado para no complicar demasiado esta materia³¹⁶

Pero eso no quiere decir que estemos ante un saber desprovisto de cualquier justificación racional; por el contrario, la innovación, los mecanismos por los que Aranda extiende el corpus de Vandelvira de catorce arcos a setenta y de once capitalizados a cincuenta y uno, la combinatoria hasta el infinito de los temas tradicionales de la cantería, la puesta a punto de nuevos procedimientos para abatir respecto a rectas oblicuas a las testas, para hallar la curvatura de los arcos *en torre redonda*, todo eso no puede ser resultado de la rutina, sino de la especulativa con la que Fray Laurencio de San Nicolás resolvía las mayores dificultades.³¹⁷

³¹⁵ Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», en Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de Montea*, Madrid, Servicio Histórico Militar, 1986, p. 24.

³¹⁶ P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, Preface. V. la Aprobación del P. Fresneda a la *Verdadera práctica de las resoluciones de la Geometría* de Juan GARCÍA BERRUGUILLA: «no debiendose parar en las demostraciones Geometricas, que es forzoso falten en muchas operaciones, pues el título es Practica»; Cristóbal de ROJAS, *Compendio y breve resolución de fortificación*, f. 10 v.-11; Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 54; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, p. 147. Lo mismo se ha señalado para Roriczer: cf. Paul FRANKL, «The secret of the Medieval Mason», *Art Bulletin*, 1945, p. 47; para Arfe: Francisco ÍÑIGUEZ ALMECH, «Noticia del 'De varia commensuración para la escultura y Architectura'», en Juan de ARFE Y VILLAFANE, *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura.*, Valencia, Albatros, 1979, p. 19; para López de Arenas, v. María Angeles TOAJAS ROGER, «Diego López de Arenas, su arte y sus textos», en Diego LÓPEZ DE ARENAS, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco y tratado de alarifes*, Madrid, Visor, 1997, pp. 48-49; para el fundador de la geometría proyectiva; v. Joël SAKAROVITCH, «Le fascicule de stéréotomie: entre savoir et métiers, la fonction de l'architecte», en *Desargues en son temps*, p. 355; para el padre Guarini, v. Mario DOCCI, Riccardo MIGLIARI y Carlo BIANCHINI, «Las 'vies parallèles' de Girard Desargues et de Guarino Guarini. Fondateurs de la science moderne de la représentation», *ibid.*, p. 399. Sólo entrado el siglo XVIII se verán las cosas de otra manera: v. Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, p. xiii.

³¹⁷ El propio Fernando MARÍAS, al hablar de Joseph Gelabert en «Materiales y técnicas: viejos fundamentos para las categorías arquitectónicas del Quinientos», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, pp. 266-67, pone el énfasis en la posibilidad de corregir y perfeccionar los modelos, en la «evolución y progreso en el manejo de una técnica», en las «inventiòs mias» de Gelabert. V. también Diego LÓPEZ DE ARENAS, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco, y tratado de alarifes*, p. 113 «otros dan otras medidas a que yo llamo bastardas, por no ser legítimas ni tener demostración», demostraciones que López de Arenas no ofrece porque no habla en «términos geométricos»,

Una parte principal de la Arquitectura

Las *trazas* de cantería son el paradigma, la piedra de toque, del modo de entender la arquitectura que venimos examinando: así lo expresa con claridad Joan de Inglés al concurrir en 1577 a la maestría de la diócesis de Cartagena:

la grande y experiencia ciencia y habilidad que he tenido y tengo en la dicha arte de la cantería en la cual he sido y soy maestro tracista que es lo principal que en la dicha cantería y sus obras se requiere que tenga los maestros de obra de cantería porque es su base y fundamento de la perfección ingenio y delicadeza de las dichas obras cuya traza si falta en el maestro no puede haber seguridad ni perfección en sus obras y lo más notables hombres de España que han sido maestros de obras de cantería su primera y principal habilidad ha sido el ser tracistas y a esto han sido alabados y por ello tenidos en grande nombre y opinión sin que se haya tenido cuenta ni se deba tener que sea imaginarios ni pintores porque la imagería y pintura es cosa distinta de la arquitectura y traza de obras de cantería porque lo otro es ornato y adherencia de las dichas obras y cosa particular de por sí.³¹⁸

Hay que pensar que la *montea* ocupa este lugar preeminente no sólo por la importancia de los elementos que permite resolver, unos pequeños y ocultos como los pasos esviados de las sacristías, otros grandes y espectaculares como las cúpulas, sino porque es la que permite demostrar el saber geométrico del arquitecto y distinguirlo de los simples maestros practicones. No es de extrañar por lo tanto que en las oposiciones a maestro de las obras reales y de las catedrales en el siglo XVII, los ejercicios se centren en la estereotomía y que cuando no es así, los opositores protesten, ni tampoco que los arquitectos-pintores lleguen a interesarse por estas cuestiones.³¹⁹

como ha dicho en *ibid.*, p. 91. También las reglas de construcción de polígonos de Cristóbal de Rojas las dan por buenas los Matemáticos, «porque tienen Demostracion». Es decir, se sabe y se acepta que la prueba es condición de validez del saber geométrico, pero conscientemente no se expone en los tratados por su carácter práctico.

³¹⁸ Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, p. 52; v. también Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 434; Joaquín BÉRCHEZ y Francesc JARQUE, *Arquitectura Renacentista valenciana*, Valencia, Bancaixa, 1994, pp. 30, 68; para una interpretación diferente de la que da la autora, Bérchez y Jarque y nosotros, v. Lino CABEZAS GELABERT, «Del 'arte de la cantería' al 'oficio de la cantería'», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 141.

³¹⁹ Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 22. (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114, f. 31 según la numeración superior): «Que aunque no es [el Caracol volado de ojo redondo en una planta cuadrada] traza que se ofrezca muchas veces ocasión para ejecutarla, es traza para valerse de ella en una oposición. Como ya ha sucedido porque fue una de las trazas que valieron a un Maestro mayor en la Santa Iglesia de Granada, Juan de Aranda Salazar en la oposición que tuvo con el maestro Bartolomé de Lechuga en dicha Iglesia de Granada»; v. también Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 196; Fernando MARÍAS y Agustín BUSTAMANTE, «Apuntes arquitectónicos madrileños de hacia 1660», *Archivo Español de Arte*, 1985, pp. 35, 38; del primero de estos autores, Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 457, y «Trazas, trazas, trazas. Tipos y funciones del diseño arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, pp. 351-353; Beatriz BLANCO ESQUIVIAS, «Sobre el debate entre arquitectos profesionales y arquitectos artistas en el Barroco Madrileño. Las posturas de Herrera, Olmo, Donoso y Ardemans», *Espacio*,

El pasaje de los *Cerramientos* que habla de *la necesidad que el arte de arquitectura tiene de estas dichas trazas de monte por ser principal parte suya* se debe entender en este contexto. Hay que tener en cuenta que PRINCIPAL tiene en el siglo XVI un sentido diferente del actual: Juan de Arfe dice que con el óvalo «Fórmanse estas así cuerpos ovales / vasijas y otras cosas PRINCIPALES».³²⁰ Así, no es que la monte sea la parte principal de la arquitectura, pero sí **una** de las principales;³²¹ Confirma esto la definición de *traza* que leemos a renglón seguido: *Estas se componen de Area y partición y monte de que proceden como adelante se verán en demostración y declaracion de difinitiones*; la MONTEA de los canteros, que aquí tiene el sentido de «alzado», convive con las AREA y PARTICION albertianas. La prueba más clara de esto la aporta Cristóbal de Rojas, si podamos su texto divulgativo de digresiones y anécdotas:

El que quisiere saber con fundamento el arquitectura acudirá a Vitruvio, o a Euclides en geometría [...]

Sólo advierto que después que sepa el tal ingeniero muy bien los cinco géneros, que son Toscano, Dórico, Jónico, Corintio y Composito [...] conviene mucho que el tal Ingeniero sea arquitecto práctico, y que lo sea antes que vaya a la guerra, porque en ella no puede aprender sino cosas militares, las cuales juntas con la Arquitectura hacen al ingeniero capaz del arte que profesa [...] hacer las troneras de la fortificación en los traveses en viaje, que llaman embocinadas en el artillería, que son muy anchas, por la parte de adentro, y por defuera angostas, y principalmente saber los cortes, y cerramientos de las bóvedas, para toda arquitectura, todo lo cual es muy dificultoso al que no lo hubiere contrahecho, y aprendido de buenos maestros.³²²

Es decir, los sistemas de la *montea* y de los órdenes no son en modo alguno excluyentes entre sí, sino muy al contrario, se complementan en la visión de la arquitectura y la ingeniería que expone Cristóbal de Rojas. Jean-Charles de la Faille, profesor de matemáticas y arquitectura en el Colegio Imperial, heredero de la Academia de Matemáticas herreriana redacta un curso manuscrito en el que divide la enseñanza de la arquitectura en cuatro disciplinas: sistemas de proyección, decoración, órdenes, y cantería. Por razones parecidas, Blondel sitúa la ciencia del

tiempo y forma, 1991, pp. 166, 172-175, 205; Javier RIVERA BLANCO, «Nuevos datos documentales de Teodoro Ardemans, José de Churriguera y otros arquitectos barrocos cortesanos», *Boletín del Seminario de Arte y Arqueología*, 1982, p. 447; en un contexto más amplio, v. Joël SAKAROVITCH, «The Teaching of Stereotomy in Engineering schools in France in the XVIIIth and XIX centuries: an Application of Geometry, an 'Applied Geometry', or a Construction Technique?», *Entre mécanique et architecture*, pp. 205-206; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, p. 75.

³²⁰ Juan ARFE Y VILLAFANE, *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura*, l. I, f. 9 v.

³²¹ Fray José de SIGÜENZA, *Historia de la Orden de San Jerónimo*, libro III, discurso XIV: «entraron por la puerta PRINCIPAL de la iglesia, y por el sotacoro, y por la reja PRINCIPAL de la iglesia, donde estaba la guardia del Rey, para que de allí en adelante no entrase nadie, sino la gente PRINCIPAL de la Casa Real»

³²² Cristóbal de ROJAS, *Compendio y breve resolución de fortificación, milicia*, Madrid, Juan de Herrera, 1613, f. 39-41 v. (Ed. facsímil en *Tres tratados sobre fortificación y milicia*, Madrid, 1985, CEHOPU) La foliación de la obra es caótica; hay que tener en cuenta que el f. 39 al que nos referimos es el segundo y verdadero f. 39, porque el 38 está foliado como 39; y que el 41 en el que acaba el pasaje está foliado como 14.

corte de las piedras junto a los saberes vitruvianos en su *Cours d'Architecture*.³²³ El «art du trait» forma junto con el conocimiento de los órdenes, la pareja central entre los saberes de los constructores ibéricos y franceses del siglo XVI, los dos grandes sistemas de control formal en el Renacimiento a un lado y a otro de los Pirineos.³²⁴

Puede extrañar que se califique a la tomotecnia como sistema de control formal, pero todo parece indicar que en cierta medida actuaba como tal en los siglos XVI y XVII. Como es sabido, la consideración de los tres saberes de la tríada vitruviana, solidez, belleza y utilidad, como compartimentos estancos no es la única lectura posible del texto de los *Diez Libros* y de hecho sólo se impone a partir de la publicación del comentario de Perrault.³²⁵ Como consecuencia de esta interpretación, se impone una visión de las cosas que se acepta sin grandes discusiones hasta la época de Viollet y sigue vigente en buena parte en nuestros días: el saber constructivo no influye en el diseño del edificio.³²⁶

Sin embargo, las cosas no se veían así en el siglo XVI y la primera mitad del XVII. En esta época las barreras entre los tres saberes que forman la tríada que hemos llegado a considerar vitruviana eran muy fluidas; Fray Laurencio de San Nicolás ni siquiera menciona la división tripartita.³²⁷ No es de extrañar que las *trazas de monte*, artificios constructivos nacidos para resolver una necesidad

³²³ François-Nicolas BLONDEL, *Cours d'architecture*, París, El autor, 1683, Prefacio: «les autres sciences qui sont absolument nécessaires aux Architectes comme sont celles-cy, la Geometrie, l'Arithmetique, la Macanique c'est a dire les forces mouvantes, les Hydrauliques qui traittent du mouvement des eaux, la Gnomonique ou l'art de faire des Quadrants au Soleil, l'Architecture militaire des fortifications, la Perspective, la Coupe des Pierres & diverses autres parties de Mathematique [...]».

³²⁴ P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, Preface: «le rang aantageux [que este arte] tient en l'Architecture, dont il fait partie [...] Estant donc chose tres auereé, que la science des Traits & coupe des Voûtes apporte par ses effets vne grande vtilité & beauté à l'Architecture; il demeure en suit pour constant, qu'elle doit entre les parties d'icelle tenir comme les premiers rangs»; Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, Épitre: «ce partie de l'Architecture, qui est sans contredit la plus difficile»; Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, pp. 379-380; Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 561-563; Philippe POTIÉ, *Philibert de L'Orme. Figures de la pensée constructive*, p. 68. V. también Werner SZAMBIEN, *Symétrie, goût, caractère*, Picard, 1986, pp. 75-76 de la trad. española: para Blondel, hallar geométricamente las juntas de testa de toda clase de arcos es uno de los cuatro problemas principales de la arquitectura.

³²⁵ José Luis GONZÁLEZ MORENO-NAVARRO, *El legado oculto de Vitruvio*, Madrid, Alianza, 1993, pp. 50, 101-103; «Los tratados históricos como documentos para la historia de la construcción», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 255-260; Françoise CHOAY, «Alberti et Vitruve», *Architectural Design*, 1979, pp. 27, 31, ya había sostenido una posición similar respecto a Vitruvio y señalado la interdependencia entre los elementos de la tríada en Alberti, pero su visión jerárquica y unidireccional de las relaciones entre ellos es muy diferente de la visión que ofrece González Moreno-Navarro.

³²⁶ José Luis GONZÁLEZ MORENO-NAVARRO, *El legado oculto de Vitruvio*, pp. 38, 49.

³²⁷ José Luis GONZÁLEZ MORENO-NAVARRO, *El legado oculto de Vitruvio*, p. 84.

*Esta parte de orden Dorico es la del teatro de marcello en Roma como en el
 presente su dicho por modo de exemplo he puesto en dibujo, tiene esta misma
 proporción*

Figura 179. Manuscrito anónimo de arquitectura y cantería, Madrid,
 Biblioteca Nacional, Ms. 12744

Figura 180. Philibert de l'Orme, Le premier Tome de l'Architecture, f. 66 y 67.

funcional, acaben convirtiéndose en un motivo formal que termina incluido en el núcleo de todo un lenguaje arquitectónico.

Cuando el lector aborda el capítulo VIII del tercer libro de la *Architecture delormiana*, se sorprende por un súbito cambio de tema. El maestro lionés ha hablado de los instrumentos de la cantería, después ha tratado de *decendas de cava* y capialzados. De pronto empieza a contarnos una historia: la del caballero que ha heredado una mansión ruinoso de planta caótica y queriendo conservar la casa de sus antepasados pero también estar a la última, interpola un cuerpo oblicuo entre otros dos, añade dos más allá para obtener un patio simétrico y cierra el conjunto con una galería.³²⁸ La operación presenta dificultades que no se pueden resolver sin varias clases de «traits geometriques»: aquí dispone un arco oblicuo para resolver el encuentro de dos cuerpos, allí abre un arco en una torre redonda, más allá resuelve con una trompa la unión entre dos cuerpos que el río hacía imposible [180]. Ahora comprendemos el porqué de la fábula: De L'Orme nos presenta las trazas de cantería como un expediente para resolver problemas de pasos o de articulaciones entre piezas cuando lo dificulta un pie forzado.³²⁹ Incluso el gabinete de Enrique II en Anet se coloca sobre la célebre trompa por una «contrainte»: allá vayan reyes do manda Geometría.³³⁰ En otros puntos aclara que es necesario resolver todas estas dificultades con arcos, más resistentes que los dinteles.³³¹ Si en algún momento estas soluciones se aprecian como «fort belles» es a condición de que «todo sea bien dirigido». En otro pasaje «ciertos arquitectos» al ver obras singulares de cantería dicen que «no hace falta divertirse»; pero como se ve a renglón seguido, dicen esto precisamente por su ignorancia de las reglas de la tomotecnia.³³²

³²⁸ Anthony BLUNT, *Art and Architecture in France 1500 -1700*, Londres, Pelican, 1953, p. 86 de la ed. de 1980, considera que para Philibert «the architect must resist if possible the idea of incorporating in his projected building fragments of older work existing on the site [...] On the other hand, he is not adamant on this point, and [...] puts forward an ingenious plan for regularizing a chateau [...] But he does this only under protest, again advising the architect to avoid the problem if possible», pero lo que dice el texto es «En telle contrariété, subiection & contrainte, il fault que l'Architecte ait bon entendement, & qu'il ne parle comme font les ignorants, qui conseillent de tout abbatre incontinent sans vouloir rien faire servir [...] Mais il fault que le dit Architecte soit diligent a cognoistre l'assiette du lieu, & sçauoir ou doit estre posée vne chacune chose, selon qu'elle le requiert».

³²⁹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 65 r. a 67 r. V. también 82 v., y Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, Paris, Picard, 1982, p. 93.

³³⁰ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 88 r.; v. Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, pp. 134, 220.

³³¹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 64 r., 67 v.; Eugène VIOLLET LE DUC, *Entretiens sur l'Architecture*, t. I, pp. 355, 359; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 194-195.

³³² Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 82 v, 81 r.; Eugène VIOLLET LE DUC, *Entretiens sur l'Architecture*, t. I, p. 354; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, p. 199.

En la Granada del siglo XVI las cosas se veían de la misma forma: Francisco del Castillo dice en su oposición a la maestría catedralicia que «he tenido y tengo mucha práctica y ejercicio desde el sacar de las piedras y labrarlas derechas y salteadas y hacer otros viajes y cortes para **comodidad** de los edificios».³³³ En El Escorial los grandes alardes constructivos, como la bóveda plana del sotacoro o el domo de la basílica, están siempre propiciados por una necesidad funcional o compositiva.³³⁴ Vandelvira nos dice en ocasiones que «este caracol de emperadores es muy galano y de mucho arte», que «este capialzado es más precioso y delicado que el pasado» o que «Esta capilla es muy galana y artista y así lo ha de entender en sólo mirarla [...]»³³⁵ y nos advierte que «todas las trazas que dejan su cuadrado son dificultosas y prolijas, mas no por eso dejan de tener arte».³³⁶ Pero los términos «arte» y «artista» tenían en sus tiempos un significado muy diferente del actual: Sebastián de Covarrubias dice de ARTE: «Latine ars, quae sic definitur: Ars est recta ratio rerum faciendarum; y assi toda cosa que no lleva su orden, razón y concierto decimos que esta hecha sin arte» y de ARTISTA: «el mecánico que procede por reglas y medidas en su arte y da razon de ella».³³⁷ Por tanto, el ideal del arte de la cantería es el orden y la razón, la regla y la medida, lo que no está lejos del planteamiento de De L'Orme; en las condiciones para la galería de la fachada principal del Hospital de Tavera esto se expresa con toda claridad: «se repartirán anchos y altos y ornatos de pilastradas de las ventanas y arquitrabe y friso y cornisa dando a cada cosa su medida conforme a la ARTE de cantería»;³³⁸ la consecuencia de esto es que las *trazas* no se emplean por capricho, sino para resolver necesidades prácticas. Esto debería ser suficiente para separar el mundo de la cantería renacentista hispano-francesa del manierismo; si uno y otro se relacionan en aspectos como la valoración de la destreza y el virtuosismo o el aprecio por la

³³³ Documentos de la oposición a maestro mayor de la Catedral de Granada, 1576, cit. por Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura en el Renacimiento andaluz*, p. 43.

³³⁴ Fernando CHUECA GOITIA, «Arquitectura, número y geometría: a propósito de la Catedral de Valladolid», *Revista de Ideas Estéticas*, 1945, pp. 40: «su genio no le llevaba [a Herrera] a engolfarse en virtuosismos constructivos a la manera de Siloe y Vandelvira».

³³⁵ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, c. 1580, f. 48 v., 54 r., 115 v.

³³⁶ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, c. 1580, 16 v.

³³⁷ Sebastián de COVARRUBIAS, *Tesoro de la lengua castellana o española*, 1611, f. 93; cf. Lino CABEZAS GELABERT, «Del 'arte de la cantería' al 'oficio de la cantería'», en *Juan de Herrera y su influencia*, pp. 138, 139; Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 492; *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*, Madrid, Sílex, 1992, p. 134; y con la nota que escribe Inigo Jones al margen de la *Ética* aristotélica: «Art is a Habbit to do a thing with right reason». El subrayado es de Jones; v. Rudolf WITTKOWER, «Inigo Jones, Architect and Man of Letters», *Royal Institute of British Architects Journal*, 1953 (Ahora en *Palladio and English Palladianism*, Londres, Thames and Hudson, 1974, p. 62).

³³⁸ Condiciones para la galería de la delantera principal. Archivo del Hospital Tavera. Transcritas en Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, pp. 436-37. V. también *ibid.* p. 448, escrito de Bartolomé de Bustamante a Pedro Cebrian de Ybarra: «En la iglesia alta algunas cosas vi en el modelo que no me parece que van según arte».

variedad, en los textos canteriles no aparece en ningún caso la dialéctica entre **norma** y **licencia** que ocupa un lugar central en el concepto de manierismo.³³⁹

Pero el discurso teórico de unos y otros está alejado de la realidad; ya en la cantería valenciana del siglo XV los esvajes son innecesarios como advierte Zaragoza Catalán; en el Colegio de Santa Cruz vallisoletano son igualmente gratuitos, y además el de la biblioteca está dispuesto del modo más ilógico, mirando a la pared.³⁴⁰ A lo largo del siglo XVI se pasa de estas muestras de virtuosismo tardogótico a una valoración de la dificultad y de la destreza que sí es típicamente manierista, y de éstas a la teatralidad barroca:³⁴¹ para Fray Laurencio de San Nicolás «resultan dificultades, unas veces por pedirlo así la obra, otras por elegir una ventana por gala, como lo es elegirla en una esquina».³⁴² Caramuel ya no disimula: «Aunque algunas veces por necesidad erigen Muros Oblicuos los Artífices; otras lo hacen sin ella, para mostrar su ingenio, y cuanto puede el Arte de la Arquitectura, si se estudia con curiosidad».³⁴³

No es de extrañar que uno de los más destacados querellantes a favor de lo nuevo sea precisamente Caramuel,³⁴⁴ ni que en la *Arquitectura civil recta y oblicua* encontremos muchas cosas que nos recuerdan a De L'Orme o Cristóbal de Rojas: el autor domina todas las ciencias, rechaza la separación medieval entre artes mecánicas y liberales, pero opina que la arquitectura es cuestión de arquitectos e ingenieros, no de maestros de obras; como Fray Laurencio, considera que los errores al abordar temas «dificultosos» como las plantas ovales se vencen con el

³³⁹ John SHEARMAN, *Mannerism*, pp. 73, 105, 108 de la trad. española; Fernando MARÍAS, «A propósito del manierismo y el arte español del siglo XVI», en John Shearman, *Manierismo*, Madrid, Xarait, 1984, pp. 11-13, 18-19.

³⁴⁰ Luis CERVERA VERA, *Arquitectura del Colegio Mayor de Santa Cruz de Valladolid*, Valladolid, Universidad de Valladolid, 1982, plano 2; Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, p. 98; «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», en *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, Valencia, Conselleria de Cultura, 1997, pp. 14-59.

³⁴¹ V. Anthony BLUNT, *Philibert de l'Orme*, p. 116; John SHEARMAN, *Mannerism*, Harmondsworth, Penguin, 1967 (Tr. española de Justo González Beramendi, *Manierismo*, Madrid, Xarait, 1984, pp. 55, 60, 62, 73).

³⁴² V. Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, f. 69 v; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, pp. 115, 136, 137, 138, 145, 146, 178.

³⁴³ Juan CARAMUEL [Y LOBKOWITZ], *Arquitectura civil recta y obliqua ...*, trat. IX, art. IV; v. también trat. VI, art. XII: «hizo assi el Architecto [en la Capilla del Cristo del Monasterio de la Espina] no por necesidad del sitio (que cae esta Capilla en lugar libre) sino sólo por su gusto, para con una obra extraordinaria dexar testimonio de su ingenio»; Abraham BOSSE, *La pratique du traict a preuues de M. Desargues pour la coupe des pierres en l'Architecture*, pp. 17-18; Enrique RABASA DÍAZ, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, p. 152.

³⁴⁴ Antonio BONET CORREA, «Juan Caramuel de Lobkowitz, polígrafo paradigmático del Barroco», en Juan Caramuel de Lobkowitz, *Arquitectura civil recta y oblicua*, Madrid, Turner, 1984 (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, p. 218).

conocimiento matemático, encuentra la Arquitectura Oblicua en las ventanas del Templo de Jerusalén, más estrechas por fuera que por dentro, como los capialzados de Vandelvira y Aranda.³⁴⁵ Son varios los temas de la cantería renacentista española que encuentran un reflejo más o menos directo en la *Arquitectura civil recta y oblicua* de Juan Caramuel de Lobkowitz y, a través de ella, en la *Architettura civile* de Guarino Guarini llegando, por así decirlo, a instalarse en el núcleo de la cultura arquitectónica del barroco.³⁴⁶

Los balaustres o columnas de escaleras de capiteles y basas oblicuos, que encontramos en el Colegio Mayor salmantino del Arzobispo Fonseca, en la también salmantina escalera de Soto del convento de San Esteban de Rodrigo Gil entre 1553 y 1556,³⁴⁷ en el *Premier tome de l'Architecture* de Philibert de L'Orme como crítica frontal a Bramante³⁴⁸ y en la escalera arandina del Obradoiro, no son otros que los célebres balaustres y columnas de Caramuel [29, 182, 186], y conceptualmente están también próximos a Guarini [30, 31], aunque éste se oponga a la arquitectura oblicua;³⁴⁹ es significativo comprobar que aparecen en

³⁴⁵ Juan CARAMUEL [DE LOBKOWITZ], *Arquitectura civil recta y obliqua ...*, trat. VI, art. II; Antonio BONET CORREA, «Juan Caramuel de Lobkowitz, polígrafo paradigmático del Barroco», ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, pp. 208, 218; Juan Antonio RAMÍREZ, «Caramuel: probabilista, ecléctico y 'destructor'», en *Dios Arquitecto*, pp. 109-110, 114 de la ed. de 1994; Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», pp. 14-59, plantea una hipotética relación de la arquitectura valenciana del siglo XV con el Antiguo Testamento.

³⁴⁶ Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 280. Sobre el interés de Guarini por cuestiones salomónicas y por la obra de Fray Juan Ricci, v. Juan Antonio RAMÍREZ, «Evocar, reconstruir, tal vez soñar (El templo de Jerusalén en la historia de la Arquitectura)», en *Dios Arquitecto*, pp. 10, 24 de la ed. de 1994; sobre su relación con Caramuel, Werner OECHSLIN, «Anotaciones a Guarino Guarini y Juan Caramuel de Lobkowitz», *Anales de Arquitectura*, 1990, pp. 76-89. Por otra parte, se suele aceptar que el interés de Guarini por la estereotomía arranca de su estancia parisina durante la construcción de Saint-Anne-la-Royale, pero no se dispone de datos concretos; v. Mario DOCCI, Riccardo MIGLIARI y Carlo BIANCHINI, «Las 'vies parallèles' de Girard Desargues et de Guarino Guarini. Fondateurs de la science moderne de la représentation», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, p. 395.

³⁴⁷ Antonio CASASECA CASASECA, *Rodrigo Gil de Hontañón*, pp. 190-192.

³⁴⁸ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 124 r. y 124 v.

³⁴⁹ Juan CARAMUEL [DE LOBKOWITZ], *Arquitectura civil recta y obliqua ...*, trat. VI, art. XII; trat. IX, art. IV; parte IV, lám. 1, 6-21; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, «Le sixième ordre d'architecture ou la pratique des ordres suivant les nations», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1977, p. 239; Antonio BONET CORREA, «Juan Caramuel de Lobkowitz, polígrafo paradigmático del Barroco», ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, p. 220); Fernando MARÍAS, «Materiales y técnicas: viejos fundamentos para las categorías arquitectónicas del Quinientos», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, pp. 267-68. Harold Alan MEEK, *Guarino Guarini*, New Haven, Yale University Press, p. 104, describe la posición de Guarini en este asunto como frontalmente opuesta a la de Caramuel y publica una interesante fotografía de la escalera del Palazzo Carignano de Turín. Pero hay que tener en cuenta que Guarini acepta la arquitectura oblicua para elementos lineales como las cornisas; v. Guarino GUARINI, *Architettura civile*, trat. III, cap. XX, obs. 9: «Tutti quegli adornamenti, che non debbono avere proporzione in se, ma solamente o in lunghezza, o in altezza, staranno benissimo obbliguati nell'obliquarsi del plano».

Figura 181. Juan Bautista Villalpando, In Ezequielem Explanationes.

Figura 182. Juan Caramuel y Lobkowitz, *Arquitectura civil recta y oblicua*, p. IV, lám. XV.

Figura 183. Juan de Portor y Castro, *Cuaderno de Arquitectura*., f. 3 v.

Figura 184. Amedée Louis Freziér, *Traité de Stereotomie*, t. II, pl. 28.

Figura 185. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 55.

Figura 186. Juan Caramuel y Lobkowitz, Arquitectura civil recta y oblicua, p. IV, lám. XX.

Figura 187. Detalle de ventana de esquina en el palacio Pimentel de Valladolid.

numerosas ocasiones en obras de estereotomía desde el *Cuaderno* de Portor y Castro al *Traité de Stereotomie* de Frézier o incluso en otras obras de autores relacionados con este campo, como el *Traité sur la Pratique des ordres de colonnes de l'Architecture nommée Antique* de Abraham Bosse, lo que es aún más revelador [183-185].³⁵⁰

Más sutil es el uso de la elipse. Las plantas ovaladas o elípticas son relativamente frecuentes en el manierismo y en el barroco español,³⁵¹ pero es menos habitual el uso de la elipse y el óvalo como forma originaria en elementos constructivos. Sin embargo, hay algunas excepciones aisladas en el Renacimiento español: además de los arcos elípticos peraltados de Cádiz y el *Capialzado oval* de Aranda tenemos los pedestales y cestos ovalados de las cariátides de la puerta de acceso a la sacristía del Salvador de Úbeda,³⁵² las columnas ovaladas del palacio Pimentel de Valladolid [187] y el palacio de los Guzmanes de León,³⁵³ siempre asociadas a *Arcos en esquina y rincón*. Las columnas de sección oval aparecen en la polémica entre Caramuel y Guarini [190, 191], que arranca de una crítica solapada a Bernini;³⁵⁴ la semejanza no es sólo superficial, pues unas y otras traen causa de la deformación del cuadrado en el que están inscritas. Basta para ello

³⁵⁰ Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708 (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114, f. 3 v.); Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, pp. 174-176; Yves BOTTINEAU-FUCHS, «Abraham Bosse 'interprète' de Desargues», en *Desargues en son temps*, pp. 377-383.

³⁵¹ V. para el conjunto de estos edificios Nikolaus PEVSNER, *Outline of European Architecture*, 1943 (Tr. esp. de René Taylor, *Esquema de la Arquitectura Europea*, Buenos Aires, Infinito, 1957, 5ª ed. 1988, pp. 290-291), muy interesante porque plantea la cuestión en un contexto europeo, aunque lógicamente no recoge los notables avances de los últimos años; Alfonso RODRIGUEZ GUTIÉRREZ DE CEBALLOS, «Entre el manierismo y el Barroco. Iglesias españolas de planta ovalada», *Goya*, 1983, pp. 98-107, y «La planta elíptica: de El Escorial al Clasicismo español», *Anuario del Departamento de Teoría e Historia del Arte de la Universidad Autónoma de Madrid*, 1990, pp. 151-172; Margarita FERNÁNDEZ, «La planta oval. Traza y símbolo», *Loggia*, 1996, pp. 16-21; y para ejemplos concretos Jesús GARCÍA FERNÁNDEZ, «Sebastián de la Plaza: arquitecto de la iglesia de las Bernardas y del Colegio de Málaga en Alcalá de Henares», *Archivo Español de Arte*, 1951, pp. 254-259; Virginia TOVAR MARTÍN, «El arquitecto Juan Gómez de Mora, iniciador del barroco en España. El templo de San Antonio de los Portugueses», *Goya*, 1983, pp. 338-342, y «Juan Gómez de Mora (1586-1648), arquitecto y trazador del rey y maestro mayor de las obras de la villa de Madrid», en *Juan Gómez de Mora*, Madrid, Museo Municipal, 1986, pp. 93-98; Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, pp. 384-389.

³⁵² Manfredo TAFURI, *L'Architettura del Umanesimo*, Bari, Laterza, 1969 p. 94 de la trad. española: «La oblicuidad de la sacristía respecto al eje de la iglesia se refleja en la doble portada en ángulo obtuso, cuyas cornisas de enmarque se deforman, dando lugar a un escenográfico *tour de force* prebarroco».

³⁵³ Antonio CASASECA CASASECA, *Rodrigo Gil de Hontañón*, p. 231.

³⁵⁴ Juan CARAMUEL [DE LOBKOWITZ], *Arquitectura civil recta y obliqua ...* trat. VI, art. VII y VIII; Juan Antonio RAMÍREZ, *Edificios y sueños*, Málaga, Universidad, 1983 (2ª ed. Madrid, Nerea, 1991, p. 142); Antonio BONET CORREA, «Juan Caramuel de Lobkowitz, polígrafo paradigmático del Barroco», ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, p. 222); Fernando MARÍAS, «Orden y modo en la arquitectura española», en Erik FORSSMAN, *Dórico, Jónico, Corintio, en la arquitectura*

observar la lámina XXIV de la parte IV del tratado de Caramuel, en la que las columnas de las filas interiores, inscritas entre dos radios próximos, son elipses de proporción alargada, mientras que las de las hileras exteriores, donde los radios divergen, se aproximan a la sección circular. Las secciones horizontales de las columnas de Úbeda, Valladolid y León se inscriben en rombos,³⁵⁵ producto de la contradictoria geometría de estos arcos, en los que dos lados son paralelos a los paramentos, mientras que los otros dos responden a las juntas de intradós y forman un ángulo de cuarenta y cinco grados con los primeros, lo que también da lugar a las «puntas de flecha» a las que se refiere Marías.³⁵⁶ Como consecuencia, los ejes de las elipses que forman la sección de la columna no son paralelos ni a los muros ni a las juntas de intradós, lo que se añade a su aspecto desconcertante.

De esta manera se comprende que tanto las columnas ovales de Úbeda, León y Valladolid como las de Caramuel [188, 189] tienen un origen similar al *Capialzado oval* de Aranda, inscrito en un rectángulo deformado convertido en trapecio. Y si de las plantas pasamos a los alzados, también la deformación de un rectángulo convertido en romboide es la responsable de los balaustres salmantinos y los del Obradoiro, de las basas y capiteles de De L'Orme y en todo el orden de la lámina XIII de la *Arquitectura Civil Recta y Oblicua*; si penetramos en los detalles de su cornisa, por ejemplo, nos parece recibir el eco de las molduras del «Viaje por testa» que Vandelvira aconseja «extender en las saltarreglas».

También se pueden relacionar con la cantería hispano-francesa del Renacimiento otros temas significativos de la arquitectura barroca. Nikolaus Pevsner recorre en su estudio sobre los que él denomina «arcos tridimensionales» un itinerario inverso a partir de los arcos *en torre cavada* de la iglesia de Vierzehnheiligen; de Neumann pasa a Guarini sin dificultad, y de Guarini salta a De L'Orme, pero no encuentra conexión directa entre uno y otro, aunque admite que estos vínculos podrían existir; acaba encontrando el precedente de los arcos de Guarini en los lunetos de Maderno en San Pedro del Vaticano. Sin embargo, hoy se pueden rastrear los vínculos que Pevsner no encontraba entre Guarini y De L'Orme. Müller y Robison han planteado la posibilidad, más que verosímil, del conocimiento por Guarini de la tomotecnia francesa, de la «querelle des anciens et des modernes» y el interés por el gótico durante su estancia en París para construir Sainte-Anne-la-Royale; también pudo conocer la cantería española a lo largo de su viaje a Lisboa o durante su estancia en Messina, entonces en poder de la corona

del Renacimiento, Madrid, Xarait, 1983, p. 29; Harold Alan MEEK, *Guarino Guarini*, New Haven, Yale University Press, p. 104.

³⁵⁵ Dicho sea a falta de una medición rigurosa, que sólo podría realizarse por medios fotogramétricos y que saldría de los límites de este trabajo.

³⁵⁶ Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 411.

Figura 188. Juan Caramuel y Lobkowitz, *Arquitectura civil recta y oblicua*, p. IC, lám. XXII.

Figura 189. Juan Caramuel y Lobkowitz, *Arquitectura civil recta y oblicua*, p. III, lám. XLV.

española; significativamente, tanto De L'Orme como Guarini adoptan los atributos de Mercurio.³⁵⁷

Puestas así las cosas, hay que recordar que la temática que abre el manuscrito de Aranda es la de la deformación, y además la deformación mediante un instrumento serliano reconvertido para los fines de los tratadistas españoles, desde Hernán Ruiz a Vandelvira. Para Aranda, *traza es toda cualquiera figura que en su distribución causare alteración de robos y extendimiento de linias y circunferencias*. La transformación geométrica es el origen de las *trazas de monte*, como lo es de la *arquitectura oblicua* de Caramuel y Guarini, y desde un punto de vista más amplio, de algunos de los temas compositivos centrales de la arquitectura barroca.³⁵⁸ De esta manera, la deformación barroca, durante tanto tiempo asociada a la noción de capricho, puede ser vista bajo la luz bien diferente del rigor geométrico.³⁵⁹ Explorar esta temática saldría con mucho de los límites de este trabajo; bastará con señalar

³⁵⁷ Erwin PANOFKY, «Das erste Blatt aus dem 'Libro' Giorgio Vasaris ...», p. 232 de la trad. española; Nikolaus PEVSNER, *Outline of European Architecture*, 1943 (Tr. esp. de René Taylor, *Esquema de la Arquitectura Europea*, Buenos Aires, Infinito, 1957, 5ª ed. 1988, p. 299); «The three-dimensional arch from the sixteenth to the eighteenth century», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1958, pp. 22-24; David R. COFFIN, «Padre Guarino Guarini in Paris», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1956, pp. 3-11 y esp. p. 7; Victor L. TAPIÉ, *Baroque et classicisme*, p. 200 de la trad. española; Werner MÜLLER, «The authenticity of Guarini's Stereotomy in his Architettura Civile», en *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1968, p. 204; Rudolf WITTKOWER, *Gothic versus classic*, Londres, Thames and Hudson, 1974, pp. 94-95; Hanno Walter KRUFT, *Geschichte der Architekturtheorie*, pp. 135-136 de la trad. española; Elwin C. ROBISON, «Optics and Mathematics in the domed churches of Guarino Guarini», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1991, pp. 398-401; Harold Alan MEEK, *Guarino Guarini*, pp. 2, 12-13, 17, 19, 150-151, 152, 155-156, 170-171.

³⁵⁸ Werner OECHSLIN, «Anotaciones a Guarino Guarini y Juan Caramuel de Lobkowitz», *Anales de Arquitectura*, 1990, p. 79.

³⁵⁹ V. Harold Alan MEEK, *Guarino Guarini*, p. 141.

aquí la relación de algunos temas de la arquitectura y la teoría seiscentista con la cantería española y francesa del Renacimiento.

Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

«Cerramientos y trazas de montea» de Ginés Martínez de Aranda

Tesis Doctoral
José Calvo López
Arquitecto Superior
1999

*Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid*

«Cerramientos y trazas de montea» de Ginés Martínez de Aranda

*Tesis doctoral presentada por el Arquitecto Superior José Calvo López
bajo la dirección del Doctor Arquitecto Enrique Rabasa Díaz
1999*

Tomo II

TEXTO COMENTADO

PROEMIO 'AL LECTOR'

ARCOS

ÍNDICE DEL TOMO II

TEXTO COMENTADO

AL LECTOR	7
Que cosa es traza	10
PRIMERA PARTE	17
Difinition primera muestra bajar arcos grandes con pequeños y subir pequeños con grandes. 17	
Difinition segunda muestra bajar circunferencias grandes con pequeñas y subir pequeñas con grandes.....	20
Difinition tercera muestra extender y encoger arcos sobre un viaje.....	22
Difinition cuarta muestra extender arcos sobre una circunferencia.....	27
Difinition quinta muestra restribar los arcos y darles sus gruesos.....	28
Arco viaje contra cuadrado por testa	41
Arco disminuido por testa	45
Arco viaje contra viaje por testa	48
Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos	54
Arco en viaje contra cuadrado por lado y por plantas al justo	60
Arco viaje contra cuadrado por lado fuera de simetría	65
Arco viaje contra viaje por cara por plantas y por robos.....	67
Arco viaje contra viaje por cara y por plantas	76
Arco viaje contra viaje por cara fuera de simetría.....	82
Arco disminuido y dividido en dos.....	84
Arco en torre redonda contra cuadrado.....	87
Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por testa.....	91
Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por cara.....	92
Arco en torre cavada contra cuadrado	95
Arco en torre cavada contra cuadrado en viaje por testa	99
Arco en torre cavada contra cuadrado en viaje por cara	100
Arco en torre cavada contra torre redonda	102
Arco en torre cavada contra torre redonda disminuido.....	106
Arco en torre cavada contra torre redonda en viaje por cara	108
Arco abocinado	109
Arco abocinado en viaje por testa.....	113
Arco abocinado viaje por cara	118
Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada.....	121
Arco capialzado por robos.....	125
Arco capialzado por plantas	128
Arco capialzado en viaje por testa.....	132
Arco capialzado en viaje por cara	135
Arco por arista en la cara	138
Arco por arista en la cara en viaje.....	140
Arco avanzado en bóveda.....	142
Arco avanzado en viaje por testa en bóveda.....	148
Arco avanzado en bóveda viaje por cara	151
Arco avanzado en talus plano.....	154
Arco avanzado en talus plano en viaje por testa.....	157
Arco avanzado en talus plano en viaje por cara.....	159
Arco en talus escarpado	161

Arco en talus escarpado viaje por testa	163
Arco en talus escarpado viaje por cara.....	165
Arco en vuelta de horno por testa	167
Arco en vuelta de horno por testa y en viaje por la dicha testa.....	171
Arco en vuelta de horno por testa viaje por cara.....	172
Arco en vuelta de horno por cara.....	174
Arco desquijado en la cara.....	177
Arco desquijado en la cara disminuido	179
Arco desquijado en la cara y en viaje por la dicha cara	182
Arco por esquina y por rincón	185
Arco por esquina y por rincón de lados y ángulos desiguales	192
Arco por esquina y por rincón capialzado	194
Arco por esquina y por rincón abocinado	198
Arco por esquina y por rincón desquijado	201
Arco capialzado hacia la menor subida por robos.....	203
Arco capialzado hacia la menor subida por plantas	206
Arco de rincón de caustria.....	209
Arco en rincón de caustria en bóvedas desiguales.....	214
Arco de rincón de caustria por plantas.....	217
Arco en rincón de claustria de lados y ángulos desiguales y plantas al justo	220
Arco diagonal por rincón	223
Arco diagonal por rincón de lados desiguales.....	225
Arco diagonal por esquina.....	227
Arco diagonal por esquina de lados desiguales	229
Arco por esquina contra cuadrado por lado	230
Arco por rincón contra cuadrado por lado.....	231
Arco por esquina contra viaje por lado	232
Arco por rincón contra viaje por lado	237
Arco abocinado en torre cavada.....	240
Arco en torre cavada abocinado en viaje por cara y por testa	248
Arco abocinado en torre redonda	253
Arco en torre redonda abocinado en viaje por cara y por testa.....	255
Corredor volado sin columnas formado de arcos por arista por robos	258
Corredor volado sin columnas formado de arcos avanzados	260

TEXTO COMENTADO

PROEMIO 'AL LECTOR'

ARCOS

AL LECTOR

COMO considerase que muchos de los sabios Arquitectos antiguos que escribieron en el arte de Arquitectura y la experimentaron en grandes edificios que al presente hay hechos no pusieron en plática los liniamentos de las trazas de monte y en nuestros tiempos no las alcanzan a tener si no es aquellos que en su mocedad se han dado a la disciplina del trazar y contra hacerlas me pareció ponerlas por escritura no mirando si había autor ni maestro antiguo debajo de cuya doctrina ampararme para tener el autoridad que convenga especialmente sabiendo la necesidad que el arte de arquitectura tiene de estas dichas trazas de monte por ser principal parte suya y por arrimarme a la doctrina que Vitrubio nos enseña en el primero capítulo de su primero libro donde dice que el arquitecto para ser perfecto no ha de carecer de los demás artes. Siendo esto así como se ha tenido perpetuo silencio en estas dichas trazas de monte si no me engaño los grandes artífices antiguos las han dejado para que los venideros tengan continuo ejercicio en el trazar y contra hacerlas. O por ser la disciplina y estudio de ellas trabajosa por haber de estar los artífices continuamente asidos a la materia para ponerlas por modelos. O por no haber dado en las difinitiones que los términos de ellas tienen para ponerlas por escritura por tanto digo que estuvo muy elocuente el filósofo Sócrates que Vitrubio nos dice en el tercero prólogo de su libro que los hombres habían de ser transparentes para que se pudieran claramente conocer los que eran sabios y así fueran tenidos en lo que merecen pues no es así sino como quiso la naturaleza no es posible que los hombres puedan juzgar la ciencia de los artes oscuras como ello pasa y los mismos Artífices aunque prometan su prudencia si no son ricos y muy favorecidos y bien hablados no pueden alcanzar autoridad conforme a la industria de sus estudios para que se crea que saben aquello que profesan especialmente en esta escritura que los vocablos nacen de la propia necesidad del arte y por no ser usados son oscuros. Si las escrituras que contienen preceptos ampliamente no se resumen y abrevian y con pocas palabras se declaran pondrán en duda a los lectores por tanto me pareció por más claridad dividir las en cinco partes en la primera trataré de arcos dificultosos en la segunda de capialzados y

puertas en la tercera de caracoles y escaleras en la cuarta de pechinas y bóvedas en la quinta de capillas y ochavos en todo esto he puesto mucho cuidado y diligencia en la disposición que fuese de tal manera que no solamente los elevados y sutiles ingenios las hayan de entender pero los medianos sean de ellas participantes según que sean inclinados al arte harto será comenzar y abrir el camino a los que fueren más avisados y no menos deseosos de ayudar a enriquecer este arte que yo la dificultad que describir estas dichas trazas hay es la que se tiene en hallar moneda de buen metal y subida de quilates por que así como es más estimada la que debajo de menos materia contiene más valor así es más excelente traza la que en pocas palabras tiene encerrados muchos y notables puntos de geometría y así en esto siempre tuve cuidado y principal intento de contra hacer las dichas trazas y ponerlas por modelos antes de ponerlas por escritura cuanto pude hice por sacar a luz la grande obscuridad que los términos de ellas tienen consultándolas con hombres doctos y personas eminentes y tracistas pero con todo eso si esta compostura y parte de ella no estuviere tal suplico no se impute a mi voluntad ni poco trabajo porque como hombre pude errar.

Que cosa es traza

Traza es toda cualquiera figura que en su distribución causare alguna alteración de robos y extendimiento de líneas y circunferencias Estas se componen de Area y partición y monte de que proceden muchas y infinitas figuras geométricas como adelante se verán en demostración y declaración de difinitiones

Como se dijo en su momento,¹ el ultimo capítulo del Estudio Preliminar es en realidad un comentario del contenido de este prólogo. Repetirlo sería innecesario; más vale analizar aquí las fuentes del proemio.

Las dos citas de Vitruvio nos hacen pensar en la traducción de Miguel de Urrea como fuente; pero la confrontación de los dos textos no acaba de confirmar esta idea. La primera referencia a *la dotrina que Vitrubio nos enseña en el primero capitulo de su primero libro donde dice que el arquitecto para ser perfeto no ha de carecer de los demas artes* es en realidad una perífrasis

¹ V. p. 264 y ss. del Tomo I.

de un pasaje que en Urrea ocupa cuatro páginas; y una perífrasis expresada con un léxico diferente, pues Urrea la abre traduciendo «La architectura es una sciencia adornada de muchas disciplinas, y varia erudición» y continúa «aquellos que professan ser architectos, han de ser ejercitados en lo uno y en lo otro, de manera que conuiene ser ingeniosos y faciles para deprender la sciencia».² Al largo de todo el pasaje, Urrea utiliza «scientia» y no *arte* como Aranda; sólo más adelante aparece «porque causas conviene que el architecto sea sabio en las artes».³

En cambio, Aranda sí cita a Vitruvio en sentido estricto cuando afirma:

por tanto digo que estuvo muy eloquente el filosofo Sócrates que Vitrubio nos dice en el tercero prologo de su libro que los hombres habían de ser transparentes para que se pudieran claramente conocer

pero no parece que la fuente sea Urrea, que traslada así:

pues este Sócrates, se dice haber dicho prudente, y doctísimamente, que convenía que los pechos de los hombres tuvieran ventanas, y estuvieran abiertos para que se pudieran claramente conocer lo que en ellos estaba⁴

Pero a renglón seguido leemos en Aranda:

los que eran sabios y así fueran tenidos en lo que merecen pues no es así sino como quiso la naturaleza no es posible que los hombres puedan juzgar la ciencia de los artes oscuras como ello pasa y los mismos Artífices aunque prometan su prudencia si no son ricos y muy favorecidos y bien hablados no pueden alcanzar autoridad conforme a la industria de sus estudios para que se crea que saben aquello que profesan

y aquí el modelo sí es Urrea, que traduce el pasaje

y los doctos y sabios fueran tenidos en lo que merecen. Pero porque no es así, sino como quiso la naturaleza, no es posible que los hombres puedan juzgar de la sciencia de las artes oscuras, como ello pasa, y los mismos artífices aunque prometan su prudencia si no son ricos [...] o no fueron favorecidos, o elocuentes, y bien hablados, no pueden alcanzar autoridad, y conforme a la industria de sus estudios, para que se crean que saben lo que profesan⁵

Esta interpretación de Vitruvio era frecuente en el mundo andaluz; Hernán Ruiz traduce otro pasaje próximo como

los architectos que sin letras contendieron que solamente fuesen ejercitados en las manos no pudieron hacer que tuviesen autoridad por sus trabajos y los que se confiaron en buenas razones y en solas las letras son vistos no alcanzar licencia sino la sombra más los que aprendieron lo uno y

² Marco VITRUBIO, *De architectura, dividido en diez libros, traducidos de latin en castellano por Miguel de Urrea architecto ...*, Alcalá de Henares, Iuan Gracian, 1582, f. 5 v.

³ Marco VITRUBIO, *De architectura, dividido en diez libros, traducidos ... por Miguel de Urrea*, f. 34 v.

⁴ Marco VITRUBIO, *De architectura, dividido en diez libros, traducidos ... por Miguel de Urrea*, f. 34.

⁵ Marco VITRUBIO, *De architectura, dividido en diez libros, traducidos ... por Miguel de Urrea*, f. 34.

lo otro así como adornados de todas las armas más presto alcanzaron con autoridad lo que arriba fue propuesto [...]⁶

También es muy claro el paralelo entre Aranda y Urrea en el pasaje *especialmente en esta escritura que los vocablos nacen de la propia necesidad del arte y por no ser usados son oscuros. Si las escrituras que contienen preceptos ampliamente no se resumen y abrevian y con pocas palabras se declaran pondrán en duda a los lectores*; Urrea traduce a Vitruvio de esta manera: «esto no puede acontecer en las escripturas de los architectos, porque los vocablos nacidos de la propia necesidad del arte, por no ser usados son oscuros [...] si las escrituras que contienen preceptos ampli[a]mente no se resumen y abrevian y con pocas y claras sentencias se declaran [...] pondran en duda a los lectores».⁷

No nos debe extrañar que Aranda lea a Vitruvio en castellano; al fin y al cabo, en la Academia de Matemáticas dirigida por Herrera, las clases se imparten en castellano, lo que constituye una novedad, dado que la gran mayoría de los técnicos de la época desconocen el latín.⁸ Precisamente del ambiente de la Academia procede otra fuente básica del prólogo, la *Teórica y práctica de Fortificación* de Cristóbal de Rojas. Cuando Aranda dice que *en esto siempre tuve cuidado y prencipalmente de contra hacer las dichas trazas y ponerlas por modelos antes de ponerlas por escritura*, es bastante claro el paralelo con Cristóbal de Rojas, para el que

no se puede saber perfetamente el cerramiento de un arco si no es contrahaciéndolos por sus piezas de barro ò de yeso, y esto digo por la experiencia que tengo de ello, que en tiempo de mi mocedad me ocupe en contrahazer, y levantar modelos de muchas diferencias de cerramientos de capillas⁹

También son claros los préstamos de Philibert, aunque nunca literales, lo que no es de extrañar si recordamos que sus obras no se tradujeron al castellano y que nada de la biografía de Aranda hace pensar que tuviera conocimientos de francés. En el pasaje que habla de *la necesidad que el arte de arquictetura tiene de estas dichas trazas de monte por ser principal parte*

⁶ Hernán RUIZ EL JOVEN, *Libro de Arquitectura*, 1550, f. 1, transcrito por Pedro NAVASCUÉS PALACIO, en *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, p. 57.

⁷ Marco VITRUBIO, *De arquitectura, dividido en diez libros, traduzidos ... por Miguel de Urrea*, f. 65 v.

⁸ José Antonio MARAVALL, *Antiguos y modernos. La idea del progreso en el desarrollo de una sociedad*, Madrid, 1966 (2ª ed. Madrid, Alianza, 1986, p. 500); María Isabel VICENTE MAROTO, «Juan de Herrera, un hombre de ciencia», en *Juan de Herrera y su influencia*, p. 81. V. también Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo (1541-1631)*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1983-86, t. I, p. 40: Juan Gómez de Mora sólo contaba con la traducción de Urrea.

⁹ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación, conforme a las medidas de estos tiempos ...*, Madrid, Luis Sánchez, 1598, f. 97.

suya parece oírse el eco de Philibert: «ciertas trazas y líneas que llamamos Geométricas, muy necesarias a los Arquitectos, maestros de obras, aparejadores de cantería, canteros y otros»¹⁰ Las *munchas y infinitas figuras geométricas* recuerdan asimismo a Philibert y «la infinita diversidad de invenciones que yo podría dar»¹¹. Pero sobre todo, resuena la voz del Philibert que dice «los trazados de Geometría, que os muestro, de los cuales nunca he oído que se haya escrito nada, ni de autor antiguo ni moderno»¹² en dos pasajes centrales del prólogo, el inicial

COMO considerase que muchos de los sabios Arquitectos antiguos que escribieron en el arte de Architectura y la experimentaron en grandes edificios que al presente hay hechos no pusieron en plática los liniamientos de las trazas de monte

y el conocido

Siendo esto así como se ha tenido perpetuo silencio en estas dichas trazas de monte si no me engaño los grandes artífices antiguos las han dejado para que los venideros tengan continuo ejercicio en el trazar y contra hacerlas

En este último la influencia de Philibert y la de Rojas se entrelazan. Lo mismo sucede en otros casos; el pasaje donde se nos habla de las *trazas de monte* y se nos dice que *en nuestros tiempos no las alcanzan a tener si no es aquellos que en su mocedad se han dado a la disciplina del trazar y contra hacerlas* parece recoger ecos de Philibert, que aconseja a los señores que «se sirvan de hombres y los empleen según su calidad y el estado que hayan aprendido desde su juventud, si no quieren equivocarse»¹³ y sobre todo de Cristóbal de Rojas, para el que «consiste el saber hacer las bóvedas en el mucho uso y experiencia que se tendrá de ellas».¹⁴

También en las referencias a los modelos se mezclan las influencias de Rojas y de De L'Orme, que había advertido que

¹⁰ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567, f. 50 r.: «certains traicts & lignes que nous appellons Geometriques, fort necessaires aux Architectes, maistres maçons, appareilleurs de pierres, tailleurs & autres».

¹¹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 71 v.: «l'infinie diuersité de inuentions que i'en pourrois donner» y f. 219: «les anciens & excellens Architectes nos ont donée & trouuée suivant les vestiges de nature, par grandes & infinies experiences [...] les Architectes qui entendront bien l'art [...] pourront [...] trouuer une infinité de belles inuentions [...]». V. Manuela MORRESI, «Philibert de L'Orme. Le patrie de la lingua», en Anthony BLUNT, *Philibert de L'Orme*, Milán, Electa, 1997, p. 184.

¹² Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 87 v.: «traicts de Geometrie, lesquels ie vous propose, sans iamais auoir entendu qu'il y en ait esté escrit aucune chose, soit par les Architectes anciennes ou modernes».

¹³ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 22: «Je conseille doncques aux Seigneurs qu'ils se seruient des hommes, & les employent selon leur qualité & l'estat qu'ils ont bien apprins des leur ieunesse, s'ils ne veulent estre trompez».

como la cosa es difícil en sí, es problemático que pueda ser entendida si no es por los que tienen la geometría en la mano y han comprendido los trazados tomándose el trabajo de contrahacerlos cortando trozos pequeños de madera o de piedra como si los fuesen a poner en obra¹⁵

Cuando Aranda dice *por ser la disciplina y estudio de ellas trabajosa por haber de estar los artífices continuamente asidos a la materia para ponerlas por modelos*, una vez más aparece la sombra de Philibert, que representa por una palma «una constancia y firme propósito [por parte del sabio arquitecto] de soportar penas y trabajos en todos sus encargos y asuntos, para llegar a la gloria, honor y victoria significados por la dicha Palma»¹⁶, pero la emblemática del abad de Noyon contrasta con el tono cotidiano de Aranda, en el que se puede ver la influencia de Cristóbal de Rojas: «en tiempo de mi mocedad me ocupe en contrahazer, y levantar modelos de muchas diferencias de cerramientos de capillas».

La presencia del léxico albertiano, recibido con toda probabilidad a través de la traducción de Lozano, es corta pero inequívoca; se une sorprendentemente a la jerga de los pedreros en los expresivos *liniamentos de las trazas de monte* y en la definición de *Traza*, en la que *area* y *partición* contrastan llamativamente con la *montea* canteril de origen francés.¹⁷ No tan evidente, pero sí probable, es el origen albertiano o vitruviano de neologismos como *simetria*, *edificio*, *columna* y *miembro*.¹⁸

En otros pasajes resuena el espíritu didáctico de Serlio:

en todo esto he puesto mucho cuidado y diligencia en la disposición que fuese de tal manera que no solamente los elevados y sutiles ingenios las hayan de entender pero los medianos sean de ellas participantes según que sean inclinados al arte harto será comenzar y abrir el camino a los que fueren más avisados y no menos deseosos de ayudar a enriquecer este arte que yo

recuerda a

¹⁴ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 101.

¹⁵ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567, f. 78 v.: «Et pour autant que la chose est est difficile de soy mesme, il est aussi malaisé qu'elle se puisse entendre, sinon par ceux qui ont la Geometrie en main, & intelligence des traits avecques la peine qu'ils prendront de les contrefaire, coupant de petites pieces de boys ou de pierre tout ainsi si les vouloient mettre en oueure & appliquer en quelque grand bastiment».

¹⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 50 v. : «une constance & ferme propos de soustenir peine et travail en toutes les charges & affaires, à fin de paruenir à gloire, honneur & victoire, signifiez par la dite palme»; Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996, p. 76.

¹⁷ Leon Battista ALBERTI, *Los Diez Libros de Achitectura de Leon Baptista Alberto*, Madrid, Alonso Gómez, 1582, traducción de Francisco Lozano, p. 5.

¹⁸ «Area», «columna» y «Symetria» aparecen en el «Vocabulario de los nombres obscuros y dificultosos que en Vitruvio se contienen [...]» incluido al final de Marco VITRUBIO, *De architectura, dividido en diez libros, traducidos ... por Miguel de Urrea architecto*.

habiendo yo preparado algunas reglas de arquitectura, presuponiendo que no sólo los elevados ingenios las habían de entender, sino que cualquier mediocre podría ser capaz, según fueran más o menos inclinados al arte¹⁹

Otras influencias son más difusas, y reflejan una serie de tópicos muy frecuentes en los siglos XVI y XVII. Encabezar un prólogo con las palabras AL LECTOR era muy frecuente en el siglo XVI, no sólo en España sino en Francia o en Italia;²⁰ la *declaración* o exposición del contenido también era uno de los lugares comunes de los proemios españoles de la época²¹. Otros estereotipos se tratan con cierta elegancia: Aranda no dirá que «personas doctas le han animado» como era frecuente en los prólogos españoles del Siglo de Oro, sino que él ha acudido a estos *hombres doctos y eminentes* en busca de consejo y saber, que incorpora a su obra para beneficio del lector.

Uno de los lugares comunes más frecuentes de la época, la belleza e importancia de la brevedad,²² aparece en el pasaje:

la dificultad que describir estas dichas trazas hay es la que se tiene en hallar moneda de buen metal y subida de quilates por que así como es más estimada la que debajo de menos materia contiene más valor así es más excelente traza la que en pocas palabras tiene encerrados muchos y notables puntos de geometría

que Bonet relaciona con el conceptismo. Pero también encuentra su paralelo en Cristóbal de Rojas: «por ser materia que la tiene dentro en sí muy escondida»,²³ y a Simón García.²⁴ Aunque nos parezca corto a nuestros ojos, era un prólogo más bien largo para los usos quinientistas; baste recordar que Juan Pérez de Montalván, después de ofrecer al lector de su Primero tomo de las comedias un «Prólogo largo / Porque no se puede

¹⁹ Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere di architettura e prospettiva*, Venecia, 1600, l. IV, f. 126: «hauendo io apparecchiato alcune regole nell'Architettura, presupponendo che non pur gli eleuati ingegni l'habbiano ad intendere, ma ogni mediocre ancora ne possa esser capace, secondo che più & meno sarà egli a tal arte inclinato». Esto llega a convertirse con el tiempo en realidad un tópico de los textos de cantería; François DERAND, *L'architecture des voutes*, Preface, escribe para los «ouurieres courieux d'apprendre».

²⁰ A[lberto] PORQUERAS MAYO, *El prólogo como género literario. Su estudio en el Siglo de Oro español*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1957, pp. 61, 140.

²¹ A[lberto] PORQUERAS MAYO, *ibid.*, pp. 137, 138.

²² A[lberto] PORQUERAS MAYO, *ibid.*, pp. 134, 140.

²³ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, 101 r.

²⁴ Antonio BONET CORREA, «Simón García, tratadista de arquitectura», en Simón GARCÍA, *Compendio de Arquitectura y Simetría de los Templos*, Churubusco, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, 1979 (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, p. 182).

decir mucho en pocas razones» se despacha con dos páginas, una menos que las planas de Aranda.²⁵

²⁵ A[ilberto] PORQUERAS MAYO, *El prólogo como género literario*, p. 134.

PRIMERA PARTE

DE CERRAMIENTOS Y TRAZAS DE MONTEA

POR GINÉS MARTÍNEZ DE ARANDA

ARQUITECTO

Esta primera parte es aplicada para arcos dificultosos. Arco es toda figura circular que fuere contenida de un diámetro y media circunferencia que se nombra semicírculo de esta figura semicírculo proceden muchas figuras en infinito como adelante se verán puestas por demostración

DIFINITIONES DE ESTA PRIMERA PARTE

Difinition primera muestra bajar arcos grandes con pequeños y subir pequeños con grandes

Supongo que quieres bajar el arco **A** que es el grande con el arco **B** que es el pequeño tomarás el alto de los plomos de las juntas y mitades de los bolsos del arco pequeño **B** y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en el arco grande **A** formarás el arco endulcido **C** y para subir el arco pequeño **B** con el arco grande **A** tomarás el alto de los plomos de las juntas y mitades de los bolsos del arco **A** y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en el arco **B** formarás el arco endulcido **D** y estos dichos arcos endulcidos se han de formar circundando cada bolsor desde su punto cogiendo las alturas de los tres plomos que le tocara a cada bolsor formando los dichos bolsos desde los dichos puntos

Martínez de Aranda nos muestra en esta *Difinition* un procedimiento para transformar un arco de medio punto en uno rebajado o en un peraltado de traza elíptica [1]. Si queremos trazar un arco rebajado con la luz del arco de medio punto **A** y una flecha α , comenzaremos trazando el arco **A** y otro arco de medio punto menor, **B**, con flecha α y luz 2α . En el arco **A** trazaremos las verticales que pasan por los extremos inferiores de las juntas de testa y las llevaremos al plano de impostas. Trasladaremos las distancias entre estas verticales al plano de impostas del arco rebajado que pretendemos trazar, levantaremos verticales a partir de estos puntos y sobre estas verticales llevaremos las alturas de las juntas entre dovelas en el arco **B**. Es decir, estamos tomando las separaciones horizontales de las juntas entre dovelas del arco grande **A**; en cambio, sus distancias al plano de impostas las tomamos del arco pequeño **B**.

Una vez obtenidos los puntos que han de formar el arco, que son los puntos extremos y medio de cada dovela - Aranda nos dice que *tomarás el alto de los plomos de las juntas y mitades de los bolsores* - se traza para cada dovela el arco de circunferencia que definen los tres puntos que conocemos de ella - *circundando cada bolsor desde su punto cogiendo las alturas de los tres plomos que le tocan a cada bolsor formando los dichos bolsores desde los dichos puntos* - y así obtenemos el arco **C**.²⁶ El resultado es un arco rebajado trazado mediante varios segmentos de circunferencia, en este caso cinco, pero que se aproxima más a la traza elíptica que otras soluciones clásicas en el Renacimiento como los conocidísimos trazados de arcos de tres centros de Serlio.

Aranda dibuja el trasdós del arco, pero no nos dice en qué procedimiento se basa para obtenerlo. En el dibujo las juntas de testa o *tiranteces* son de longitudes sensiblemente iguales y aproximadamente normales al intradós, y no convergen en un único punto.²⁷ Esto descarta que se haya empleado la misma construcción para el trasdós, que daría otra elipse concéntrica, y por tanto *tiranteces* mayores en las impostas y menores en la clave. Es decir, Aranda opta por mantener constante el grosor de la rosca del arco, lo que impide que el trasdós sea exactamente elíptico, pues

²⁶ Aranda es más explícito en la *Difinition* segunda: *despues coxeras los dichos puntos de tres en tres y quedara formada la çircunferençia yndulcida*; v. p. 20.

²⁷ Existen en realidad pequeñas diferencias de longitud y desvíos de la ortogonalidad, justificables como tolerancias de ejecución de un dibujo a escala reducida y realizado con los medios de la época, que permitían realizar dibujos bastante cuidados pero de los que no se puede esperar la precisión de los instrumentos de nuestro siglo.

Figura 1. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 1.

Bajar arcos grandes con pequeños y subir pequeños con grandes

Figura 2. Alberto Dürero, Underweyssung der messung, t. I, fig. 33.

Figura 3. Philibert de L'Orme, Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais, f. 13.

no hay dos elipses paralelas.²⁸ Llegados a este punto, para trazar las *tiranteces* hay varios métodos posibles. Martínez de Aranda no adopta la solución más elemental, que consiste en tirarlas desde el centro de la elipse de intradós; por el contrario, sigue una regla no escrita de la cantería según la cual los planos de lecho han de ser normales a la superficie de intradós.

El arco peraltado **D** se obtiene de la misma manera, invirtiendo los términos; bastará tomar las distancias horizontales del arco menor **B** y las cotas sobre el plano de impostas del arco mayor **A**. Sólo hay que decir que no se trata ni de un arco apuntado ni del arco peraltado convencional que obtenemos añadiendo dos segmentos a un arco de medio punto; sino de un arco peraltado elíptico. Este arco es extremadamente raro como arco en sí, aunque Cristóbal de Rojas y Martínez de Aranda lo emplearon en las naves laterales de la iglesia de Santa Cruz o Catedral vieja de Cádiz.²⁹ Es más frecuente encontrarlo, como veremos, al abrir un arco de medio punto en un muro oblicuo, pero esa construcción es objeto de la *Difinition* tercera de esta primera parte de los *Cerramientos* y la analizaremos más adelante.³⁰

La construcción recuerda al procedimiento de trazado de elipses expuesto por Alberto Durero en su *Underweysung* [2], pero entre uno y otra hay diferencias muy importantes, pues Durero toma cotas y distancias de la misma semicircunferencia, que divide en intervalos con igual proyección sobre la línea de impostas y lleva las cotas directamente a la elipse rebajada, pero multiplica las distancias iguales por un factor de escala antes de llevarlas a la elipse rebajada. Por tanto el procedimiento es poco práctico para trazados a tamaño natural; si Aranda lo conoció a través de sus contactos con el mundo cordobés y sevillano, debió de adoptar la idea de disociar los arcos de construcción y el arco resultado, muy práctica «para no entoscar la traza».³¹

²⁸ V. José María GENTIL BALDRICH, «La traza oval y la Sala Capitular de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica», en *Quatro edificios sevillanos*, Sevilla, Colegio de Arquitectos, 1996, p. 81.

²⁹ V. p. 40 y ss. del Tomo I.

³⁰ V. p. 22.

³¹ Las obras de Durero gozaron de cierta difusión en la España del siglo XVI. Entraron en la biblioteca de Felipe II muy pronto; v. Agustín BUSTAMANTE, y Fernando Marías, «El Escorial y la cultura arquitectónica de su tiempo», en *El Escorial en la Biblioteca Nacional. IV centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Ministerio de Cultura, 1985, p. 128, y Fernando CHECA, «Las construcciones del Príncipe Felipe», en *Ideas y diseños (La Arquitectura) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Dirección General de Arquitectura, 1986, p. 26; las conocía Juan de Arfe en la Sevilla de fines de siglo, aunque quizás indirectamente: v. Juan ARFE Y VILLAFANE, *De Varia Commensuración para la Esculptura y Architectura.*, Sevilla, Andrea Pescioni y Juan de León, 1585 l. III, f. 8; Antonio BONET CORREA, «Los libros III y IV 'De Varia Conmesuración para la escultura y architectura' y la descripción de la traza y ornato de la custodia de plata de la catedral de Sevilla», ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles* p. 63. Otra

Conocemos un trazado a tamaño natural de una bóveda por arista que emplea este método, para resolver la *cimbria* o desarrollo de la arista que es una semielipse rebajada; se halla bajo una escalera del Colegio de Nuestra Señora de la Antigua en Monforte de Lemos y corresponde a las bóvedas de las esquinas del claustro del mismo edificio.³² Coincide en lo sustancial con lo expuesto aquí, y las únicas diferencias se deben a su empleo en una bóveda de arista y al principio de economía de los trazados,³³ que lleva a construir únicamente un cuarto de elipse, ya que el otro cuarto es simétrico. También este principio lleva al tracista a aprovechar la *montea* para resolver dos bóvedas al mismo tiempo, la cuadrada de las esquinas que nos ocupa y la rectangular del resto del claustro. Como consecuencia, el arco semicircular de partida no está situado sobre su testa - aquí, el plano medio de la bóveda - pero esto no tiene efectos prácticos, como tampoco los tiene el que la semielipse se construya sobre la otra testa - aquí el plano diagonal de la arista.

Difinition segunda muestra bajar circunferencias grandes con pequeñas y subir pequeñas con grandes

Supongo que quieres bajar la circunferencia E que es la grande con la circunferencia F que es la pequeña repartirás entrambas circunferencias en partes iguales y de los puntos de la pequeña sacarás unas líneas paralelas que toquen en los plomos que bajaren de los puntos de la circunferencia grande y adonde tocaren harás unos puntos después cogerás los dichos puntos de tres en tres y quedará formada la circunferencia yndulcida G y para subir la circunferencia pequeña con la grande se hará de esta manera supongo que quieres subir la circunferencia H que es la pequeña con la circunferencia I que es la grande repartirás entrambas circunferencias en partes iguales y de los puntos de la circunferencia grande I sacarás a nivel unas líneas paralelas y de los puntos que tuviere la circunferencia pequeña H subirás

vía posible es *La prattica della prospettiva* de Daniele Barbaro, que toma el procedimiento de Durero. V. José María GENTIL BALDRICH, «La traza oval y la Sala Capitular de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica» en *Quatro edificios sevillanos*, pp. 94, 144.

³² Manuel J. FREIRE TELLADO, «Los trazados de montea de factura renacentista del edificio de los escolapios de Monforte de Lemos (Lugo)», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 176-177.

³³ V. p. 181 del Tomo I.

Figura 4. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 2.

Figura 5. Hernán Ruiz, Libro de arquitectura, f. 37 v.

Bajar circunferencias grandes con pequeñas y subir pequeñas con grandes

perpendicularmente unos plomos hacia arriba y adonde tocaren los dichos plomos con las dichas líneas a nivel harás unos puntos después cogerás los dichos puntos de tres en tres y quedará formada la circunferencia yndulcida L

En esta *definition* Aranda expone un método relacionado con el anterior, aplicado en este caso a circunferencias y no a arcos [4]. Para construir un arco rebajado, se comienza trazando dos circunferencias con el mismo centro; la mayor E tendrá como radio la semiluz del arco que queremos obtener y la menor F su flecha. Una vez divididas ambas circunferencias en un mismo número de partes iguales, se van trazando verticales por las divisiones de la circunferencia grande E y horizontales por las de la pequeña F; en la intersección de las horizontales y las verticales trazadas por puntos homólogos, se obtienen así los puntos que definen el arco elíptico rebajado G. Estos puntos se unen mediante arcos de circunferencia, tomándolos de tres en tres: *después cogerás los dichos puntos de tres en tres y quedará formada la circunferencia endulcida G*. El problema de esta construcción es que nada asegura que las tangentes de dos arcos que coinciden en el mismo punto sean las mismas, por lo que se creará un punto anguloso; pero en general este efecto es apenas perceptible.

Después se obtiene por el mismo método el arco peraltado L; en lugar de tomar las abscisas de la circunferencia grande y las ordenadas de la pequeña se toman las ordenadas de la mayor, G, y las abscisas de la menor, H, pero por lo demás el procedimiento es el mismo.

Otro punto interesante es que Aranda deja bien claro que el arco ha de dividirse en partes iguales - *repartirás entramas circunferencias en partes iguales* - pero no nos dice cómo; tampoco Vandelvira da indicaciones: «y divide el mayor en partes iguales y mientras en más partes lo dividieres, más adulcida saldrá la cercha y dividido en partes iguales tráelas al centro». En la mayoría de los casos esto se debería de hacer por tanteos, pues como vimos en su momento, la construcción exacta del decágono es relativamente compleja y los métodos propuestos por los textos de arquitectura y cantería para un número mayor de lados reducen el problema a un arco de círculo menor pero no lo resuelven.³⁴

³⁴V. p. 170 del Tomo I y 28 de este Tomo II.

Encontramos construcciones similares en Serlio, Hernán Ruiz [5], y Vandelvira.³⁵ La diferencia entre unos y otros estriba en la forma de unir los puntos que definen la curva. Según el boloñés, ésta «no se puede hacer con el compás, sino con la discreta y práctica mano».³⁶ Vandelvira, bajo el epígrafe «Arco painel», nos dice que «[...] esta traza, la [...] pone Sebastiano Serlio en su Primero Libro de Geometría» pero en cambio propone que «los puntos por do ha de ir el arco, los [...] irás adulciendo con el compás de tres en tres puntos o con la mano si fueren los puntos espesos».³⁷ Aranda sólo ofrece la posibilidad de trazarlos con el compás: *después cogerás los dichos puntos de tres en tres y quedará formada la circunferencia endulcida* G. Parece que en esto los maestros andaluces siguen a Philibert de L'Orme, que en sus *Nouvelles inventions pour bien bastir a petit frais*, dice «después de haber hecho esto, miraréis los tres puntos M Y Z y los buscaréis con el compás, y así otros. Los cuales tomaréis de tres en tres puntos, [...] como os he mostrado antes»³⁸

Si el arco rebajado es un tópico de los textos de arquitectura y cantería del Renacimiento ibérico y francés, el arco peraltado aparece por primera vez en Aranda y no es aventurado pensar que lo encontramos en los *Cerramientos* como reflejo de la etapa gaditana de Aranda, que los levantó en las naves laterales de Santa Cruz de Cádiz, con proyecto de Cristóbal de Rojas.³⁹

Difinition tercera muestra extender y encoger arcos sobre un viaje

Formarás el arco M en semicírculo supongo que lo quieres extender sobre la línea en viaje N tomarás las alturas que tuvieren los plomos en

³⁵ Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'architettura ...*, Venecia, 1600, f. 11 v.; Hernán Ruiz el Joven, *Libro de arquitectura*, f. 37; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1580, f. 18 v.; Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Estudio», en *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, p. 10.

³⁶ Sebastiano SERLIO, *Tutte l'opere d'architettura ...*, Venecia, 1600, L. I, f. 11 v.: «dall' vn punto all' altro delle linee a piombo sia tirata vna linia curua, la quale no si può fare col compasso, ma con la discreta et pratica mano sarà tirata». Cf. Hernán RUIZ, *Libro de Arquitectura*, f. 37, 37 v. y Juan ARFE Y VILLAFANE, *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura*, l. I, f. 11: «Por estos puntos se va de vno en otro, dando vna linea corua que forma el oualo, la cual no e puede hazer con el compas, sino con la pluma y mano diestra [...]».

³⁷ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1580, f. 18 v.

³⁸ Philibert DE L'ORME, *Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais*, París, Federic Morel, 1561, f. 14.: «Après auoir faict tout cela, uous regarderez les trois poincts M Y Z, & les trouuerez avec le compas, & ainsi des autres. Lesquelz uous prendrez de trois poincts en trois poincts, iusques à ce qu'il soit faict comme ie uous ay monstré cy deuant» V. José María GENTIL BALDRICH, «La traza oval y la Sala Capítular de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica», p. 96.

³⁹ V. p. 40 del Tomo I.

Figura 6. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 3.

Figura 7. Philibert de L'Orme, Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais, f. 14 y 16 v.

Figura 8. Amede-Louis Frzier, Trait de strotomie, t. I, lm. 10.

Extender y encoger arcos sobre un viaje

el dicho arco **M** y con estas alturas y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en la dicha línea **N** formarás el arco **O** cogiendo todos los puntos de las alturas de los dichos bolsos con la circunferencia que causaren y para encoger el dicho arco se hará de esta manera supongo que el arco **P** quieres encoger sobre la línea **Q** tomarás las alturas de los plomos del arco **P** y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en la dicha línea **Q** formarás el arco yndulcido **R** cogiendo todas las alturas de los dichos plomos desde los puntos que les conviniere y si para encoger este dicho arco no supieres más que el altura de los plomos del arco **P** y la largura de la línea **Q** sin que lleguen plomos ningunos a ella echarás en las alturas de los dichos plomos unas líneas en blanco a nivel y después buscarás por las dichas líneas en blanco la circunferencia en partes iguales y cogerás todos los puntos con una circunferencia endulcida como parece en el arco de la (**cruz**) y esta figura se hará mejor cuando se echaren líneas en blanco en las alturas de las mitades de los dichos bolsos por que se buscará con muchas partes la circunferencia

En las dos *difinitiones* anteriores hemos obtenido elipses entendidas como formas con sentido propio. Pero a veces las elipses aparecen como intersección de cilindro recto por un plano oblicuo, o como sección recta del cilindro elíptico que se genera al proyectar un semicírculo en una dirección oblicua a su plano. Aquí vamos a aplicar un procedimiento derivado de las *difinitiones* primera y segunda al caso concreto de un arco *en viaje por testa*, es decir un arco formado por un cilindro de revolución recto en el que una de las testas o paramentos del muro en que se aloja el arco es oblicua, mientras que la otra es perpendicular al eje del arco [6]. Aranda conoce la **proyección** sobre un plano vertical y la utiliza en ocasiones, pero prefiere utilizar **abatimientos** y **desarrollos** para obtener *plantas* que le permitan labrar las dovelas, que es en realidad lo que busca.⁴⁰

Por lo tanto, va a comenzar trazando el arco de medio punto correspondiente a la testa ortogonal, **M**, y la proyección en planta del arco. A partir de aquí, aplicará el método que conocemos para hallar el desarrollo de la otra testa del arco **N**. Una vez dividido el arco en partes iguales - siete esta vez - se bajan verticales desde los extremos inferiores de las juntas entre

⁴⁰ V. pp. 178-193 y 240 y ss. del Tomo I.

dovelas hasta tocar con la línea de imposta del arco **M**; a continuación se llevan en planta paralelamente a las generatrices del cilindro que define el intradós hasta tocar con la proyección **N** del arco *en viaje*, con lo que obtendremos unas distancias horizontales **mayores** que las del arco **M**. Si ahora levantamos líneas verticales desde estas intersecciones y sobre ellas tomamos las cotas de los extremos inferiores de las juntas de testa, podremos construir el arco **O** en verdadera magnitud. Como en la *Difinition* primera, los trasdoses se obtienen trazando perpendiculares al intradós y tomando sobre ellas el grosor de la rosca del arco **M**; se consigue de esta forma que los planos de lecho sean normales a la superficie de intradós, pero el trasdós del arco **O** no es exactamente elíptico, pues no hay dos elipses paralelas.

El método tiene un antecedente en el tratado de carpintería de Philibert de L'Orme, las *Nouvelles inventions pour bien bastir a petit frais* [7]. De L'Orme traza un arco semicircular como Durero, y lo divide como Aranda en partes iguales; toma cotas sobre la línea de impostas, y baja verticales hasta intersectar la traza del plano oblicuo; ahí toma las distancias que le permitirán construir su semielipse rebajada, lo que coincide en lo esencial con la primera solución de Aranda.⁴¹ La construcción se aplica en cantería por el propio De L'Orme, Hernán Ruiz y Vandelvira,⁴² pero Aranda la trata de forma más sistemática y como principio general independiente de cualquier «corte» concreto.

Este procedimiento es válido cuando interesa disponer el arco de medio punto en la testa perpendicular al eje del cilindro que define el intradós del arco. Pero puede ser que convenga disponer el arco de medio punto en la testa oblicua, con lo que obtendremos una semielipse peraltada en la testa recta; o lo que es lo mismo, disponer el eje del cilindro del intradós ortogonalmente a la testa posterior del arco dejando el arco de medio punto en la frontal. Esto sí es una novedad sin precedentes en los textos anteriores, que sólo se relaciona muy indirectamente con el segundo arco

⁴¹ Philibert DE L'ORME, *Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais*, París, 1561, f. 14 - 14 v.; v. también Jean-Baptiste de LA RUE, *Traité de la coupe des pierres où par méthode facile et abrégée l'on peut aisément se perfectionner en cette science*, París, Imprimerie Royale, 1728, p. 7, que generaliza la construcción.

⁴² Hernán RUIZ EL JOVEN, *Libro de Arquitectura*, f. 47 v., 149, 149 v.; Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 127 v.; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de corte de piedras*, f. 19 v.-20, 25 v., según la numeración original del manuscrito, ofrecida por Barbé entre paréntesis redondos.

«Viaje contra viaje» del tratado de Cristóbal de Rojas, donde encontramos un cilindro de intradós de sección elíptica peraltada.⁴³

Pues bien, el procedimiento será el mismo; bastará tener en cuenta que las proyecciones de las juntas entre dovelas se llevan en planta paralelamente a las generatrices del cilindro que define el intradós lo que equivale aquí a llevarlas perpendicularmente al arco trasero **Q**, que es el que define el eje del cilindro.

En uno y otro caso el método es básicamente idéntico al de las dos *defnitiones* precedentes, con la diferencia de que aquí se utiliza una única circunferencia o *juzgo* y no dos como en los casos anteriores. Las cotas de los extremos inferiores de las juntas de testa sobre el plano de impostas se toman directamente de la circunferencia; en cambio, las distancias horizontales se obtienen proyectando la circunferencia paralelamente al eje del cilindro recto del intradós y determinando sus intersecciones con el plano del arco que deseamos trazar, lo que nos da distancias mayores a las de la circunferencia en el primer caso o menores en el segundo; aquí son estas proyecciones e intersecciones las que desempeñan el papel de la segunda circunferencia.

Aranda generaliza aquí el método de De L'Orme para obtener no sólo semielipses rebajadas, sino también peraltadas, pero esta vez no lo hace para trazar arcos peraltados como formas con sentido propio. Lo que busca es construir las secciones rectas de una bóveda generada por proyección oblicua de un arco semicircular. El procedimiento es inequívocamente renacentista, pues rompe con la tradición medieval según la cual el arco ojivo al proyectarse sobre el plano del formero generaba los dos arcos de círculo que forman el arco apuntado.⁴⁴ A su vez es un precedente de los

⁴³ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 99 v.; José CALVO LÓPEZ, «Los trazados de cantería en la 'Teórica y práctica de fortificación' de Cristóbal de Rojas», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 69-70.

⁴⁴ V. Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle* (Tr. esp. del artículo «Construction» de Enrique Rabasa, *La construcción medieval*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, p. 17), que señala que el trazado inverso, el que genera una elipse en la diagonal, a pesar de su sencillez, pareció demasiado complicado a los constructores románicos. Por otra parte, Auguste CHOISY, *Histoire de l'Architecture*, París, Gauthier-Villars, 1899, t. II, p. 271, presenta un esquema similar para generar un arco formero apuntado, lo que da lugar a confusión, puesto que el arco apuntado no se puede trazar de esta forma ya que las intersecciones por planos verticales perpendiculares al plano del formero no están a la misma altura, y tampoco es precisa esta construcción para trazar el formero que se puede trazar por los métodos tradicionales del «tiers point» y «quint point» discutidos por el propio CHOISY, *ibid.*, 342; Robert BRANNER, «Villard de Honnecourt, Archimedes and Chartes», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1960, pp. 91-96; Lon R. SHELBY, «Setting out the keystones of Pointed Arches: A note on medieval 'Baugeometrie'», *Technology and culture*, 1969, pp. 537-548.

métodos del Barroco y la Ilustración, como el de Frézier, que ofrece un método más general que además permite pasar de elipse a elipse.⁴⁵

Pero también puede darse el caso de que no tengamos trazado el arco base y conozcamos **sólo las cotas de las juntas entre dovelas y la longitud de la cuerda de las aristas de las dovelas**. El caso es raro, pero se presenta en la práctica en el *Arco en rincón de caustria en bóvedas desiguales* y el *Arco diagonal por rincón de lados desiguales*.⁴⁶ Para construirlo, tiraremos horizontales por las cotas de las juntas entre dovelas; a continuación, con centro en uno de los puntos de imposta y con radio igual a la cuerda de la arista inferior de la dovela trazaremos un arco que intersecte a la primera horizontal; a continuación, haremos centro en uno de los puntos de imposta y con radio igual a la cuerda de la arista inferior de la dovela trazaremos un arco que intersecte a la primera horizontal; desde esta intersección trazaremos otro arco del mismo radio que intersecte a la horizontal de la segunda junta y así sucesivamente hasta llegar a la última junta antes de la clave, con lo que tendremos levantados todos los extremos de las juntas entre dovelas de una mitad del arco. Podríamos seguir hasta la otra imposta, pero es preferible comenzar desde ésta para aproximarnos a la clave. pues como el procedimiento es iterativo, los errores se van sumando inevitablemente y comenzar desde ambos extremos reduce esta suma de errores en la medida de lo posible.

Es de señalar que Aranda presupone que **todas las cuerdas de las dovelas son de igual longitud**, lo que no se cumple en el arco elíptico obtenido al proyectar un arco de medio punto de dovelas iguales sobre un plano oblicuo, ni tampoco al proyectarlo mediante rectas horizontales que cortan a una vertical, que es lo que hace Aranda en los dos arcos citados; por tanto el resultado es sólo aproximado; en el *Arco diagonal por esquina de lados desiguales*⁴⁷ abandona el procedimiento y opta por un semióvalo de tres centros.

⁴⁵ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, pp. 145-148.

⁴⁶ V. p. 214 para el *Arco en rincón de caustria en bóvedas desiguales* y p. 223 para el *Arco diagonal por rincón de lados desiguales*.

⁴⁷ V. p. 229.

Figura 9. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 4.

Extender arcos sobre una circunferencia

Difinition quarta muestra extender arcos sobre una circunferencia

Supongo que el arco semicírculo *S* quieres extender sobre la circunferencia *T* tomarás las alturas de los plomos del dicho arco *S* y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en la circunferencia *T* formarás el arco yndulcido *V* cogiendo todas las alturas de los dichos plomos con la circunferencia extendida que causare

El problema y el método son similares a los de la *difinition* anterior, pero aparecen algunos rasgos nuevos de interés. Se trata esta vez de proyectar un arco de medio punto *S* no sobre un plano oblicuo, sino sobre un cilindro de eje vertical *T*, con objeto de labrar las dovelas de un arco en un paramento cilíndrico cóncavo o *arco en torre cavada* [9].⁴⁸

Como en el caso anterior, bajaremos las juntas entre dovelas al plano de impostas, las llevaremos en planta paralelamente al eje del cilindro del intradós hasta intersectar con el paramento del arco que queremos desarrollar y a partir de ahí volveremos a levantar las juntas entre dovelas con las distancias que haya determinado su intersección con el paramento y sobre estas líneas verticales levantaremos las cotas sobre el plano de impostas tomadas de *S*, para obtener el arco desarrollado *V*.

Puede argumentarse que la construcción es **inexacta**, porque las **distancias** $\alpha_1 \alpha_2, \alpha_2 \alpha_3$, etc. no son iguales a las **longitudes de los arcos** $\delta_1 \delta_2, \delta_2 \delta_3$, etc.; en realidad Martínez de Aranda no está desarrollando el arco real contenido en el cilindro vertical que define el paramento, sino uno imaginario contenido en la superficie poliédrica inscrita en este cilindro.

Pero si reparamos en la finalidad de la construcción, comprendemos porqué Martínez de Aranda procede así. Martínez de Aranda desarrolla el arco ante todo **para labrar las testas de las dovelas** con auxilio de una *planta*, o, como diríamos ahora, de una plantilla rígida.⁴⁹ El desarrollo de la superficie poliédrica inscrita le permite fijar fácil y exactamente los cuatro ángulos de la testa, desbastar la dovela como un prisma y después *robar* material para obtener una superficie cilíndrica suave.⁵⁰

⁴⁸ V. pp. 95- 102.

⁴⁹ V. Spiro KOSTOF, «El arquitecto en la Edad Media, en Oriente y Occidente», p. 90 de la trad. española, y p. 205 del Tomo I de este trabajo.

⁵⁰ Cf. P. François DERAND, *L'Architecture des voutes ou l'art des traits et coupe des voutes*, París, Sébastien Cramoisy, 1643, Preface: «On ne peut raisonnablement exiger en nos operations une rigueur telle, q'on la recherche d'ordinaire és matieres de geometrie purement speculatives [...] les cerches ralongées des cercles, estans considerées comme elles se forment ordinairement & examinées au poids rigoureux des speculations

Si por el contrario hubiera desarrollado - de una forma aproximada, pues se trata de rectificar la circunferencia - el arco conforme a su longitud, hubiera tenido primero que desbastar la dovela con una cara cilíndrica y aplicar la *planta*, que en este caso no podría ser rígida, sino flexible,⁵¹ sobre esa cara para después seguir ejecutando la dovela, todo lo cual complica innecesariamente la labra.

Definición quinta muestra restribar los arcos y darles sus gruesos

Para restribar el arco semicírculo X le repartirás su circunferencia en tres partes y por una de estas que es el punto **a** bajarás un plomo perpendicularmente que vaya a tocar a su diámetro al punto **b** y lo que hubiere desde el punto **b** al punto **c** eso tendrá de restribo este dicho arco semicírculo.

Para restribar el arco en segmento menor de círculo Y le repartirás su circunferencia en tres partes y por una de ellas que es el punto **d** bajarás un plomo de cuadrado que toque en el punto **e** y lo que hubiere desde el punto **e** al punto **f** eso tendrá de restribo este dicho arco en segmento menor de círculo.

Para restribar el arco apuntado Z le repartirás su circunferencia en tres partes y por una de ellas que es el punto **g** bajarás un plomo de cuadrado que toque en el punto **h** y lo que hubiere desde el punto **h** al punto **i** eso tendrá de restribo el dicho arco apuntado y de esta manera se han de restribar todas cualesquiera manera de arcos y para darles su grueso conforme a sus anchos se les dará de esta manera teniendo el arco desde cinco a diez pies de ancho se le dará de grueso la sexta parte de su ancho y si tuviere desde diez a veinte pies de ancho se le dará de grueso la octava parte de su ancho y si tuviere desde veinte hasta cuarenta pies de ancho se les dará de grueso la décima parte de su ancho

de l'Escole, seront tenües pour defectueuses: & ce nos obstant leur vsage comme tres utile est aussi tres commun [...] particulierment a ceux qui manient la pierre et le bois».

⁵¹ V. p. 205 del Tomo I y los dibujos de José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, a lo largo de toda la obra, y especialmente pp. 19, 26, 38, 90, 101, 102, 103, 113, 115, 121, 138, 186, 222, 232 y 268.

Figura 10. Ginés Martínez de Aranda,
Cerramientos y trazas de montea, pl. 5 y 6.

*Figura 11. Rodrigo Gil de Hontañón,
Manuscrito, f. 19 v.*

*Figura 12. Rodrigo Gil de Hontañón,
Manuscrito, f. 21.*

Figura 13. Rodrigo Gil de Hontañón, Manuscrito, f. 20.

En esta *definition* se resuelven dos problemas de diseño estructural relacionados con arcos. La tradición medieval de la cantería llevaba asociada una forma intuitiva y práctica de entender la ciencia estructural. Aranda, como buen heredero de esta tradición, demuestra a lo largo de los *Cerramientos* intuición estructural, cuando habla de los problemas del *garrote* o desplazamiento que se puede producir en los arcos esviados o en esquina o cuando resuelve el trasdós de algunas *puertas* en escalón y no en un plano inclinado, para no favorecer el deslizamiento del muro que apoya sobre la *puerta*.⁵²

Uno de los dos problemas que de abordan en esta *Definition* viene dado por el dimensionado del propio arco, hallar su *grueso*, esto es, su **canto**.⁵³ Nos encontramos con una regla para hacer que el canto del arco crezca en menor proporción que la luz. Los valores resultantes se aproximan a la expresión $c=1/3 L^{2/3}$, siendo *c* el canto del arco y *L* su luz. Para conseguir este resultado por medios sencillos, lo que se hace es plantear una fórmula proporcional, igualando el canto a un sexto de la luz, y corregir a intervalos para rebajar el canto a un octavo y un décimo de la luz.

La fórmula recuerda a la regla vitruviana para dimensionar los arquitrabes del orden jónico de esta manera:

si las columnas fueren de 12 a 15 pies, la altura del arquitrabe será la mitad del diámetro del imóscapo; si fueren de 15 a 20 pies, se dividirá la altura de ellas en trece partes, y una será la altura del arquitrabe; si de 20 a 25 pies, divídase su altura en doce partes y media, y una se dará a la altura del arquitrabe; si fueren de 25 a 30 pies, se dividirá su altura en doce partes, una de las cuales se dará al arquitrabe; y según esta regla, conforme fuere la altura de las columnas, se determinará pro rata la de los arquitrabes; porque cuanto más altos suben los radios visuales, rompen con mayor dificultad lo denso del aire.⁵⁴

⁵² V. pp. 51, 191 y 167 y ss. del Tomo III.

⁵³ En la plana 11-12 se nos dice *supongo que quieres robar el bolsor E lo labrarás primero de cuadrado con la forma que parece entre los cuatro puntos 1 2 3 4 que tenga de grueso lo que tuviere de ancho la planta*; si tenemos en cuenta que la forma definida por los cuatro ángulos 1 2 3 4 es la testa de la dovela y por tanto define el canto, parece claro que el *grueso del bolsor* en este caso es el ancho, y nos da el dato que faltaba para definir el sólido capaz del que se ha de obtener la dovela; construcciones parecidas se repiten en las planas 15-16, 40 y 82. Sin embargo en la plana 21 se expone una construcción para igualar las juntas de testa del arco en torre cavada que ha quedado deformado al proyectarlo sobre el paramento convexo, y Aranda nos dice *irás echando el grueso que le quisieres dar al arco en todas las testas de las plantas por lechos*, es decir, marcando longitudes iguales en las juntas de testa, lo que iguala los cantos, al menos aparentes, del arco. Mas clara es la construcción de la plana 70; Aranda nos dice *después tomarás el grueso del arco A desde el punto a al punto i*; consultando la figura de la plana 69 está claro que *a i* es el canto del arco, neto del *desquijo* o abocinadura. Por tanto hay que entender que el *grueso* de un *bolsor* o dovela es el **ancho** del arco, pero que el *grueso del arco* es su **canto**, bruto o neto según los casos.

⁵⁴ Marco VITRUBIO, *De Architectura*, I. III, cap. V.

Es decir, la regla tiene ante todo una justificación estética y compositiva. Este planteamiento atraviesa indemne la Edad Media y llega al Renacimiento. La «scientia» de Jean Mignot no es la ciencia estructural moderna, sino una disciplina basada en fórmulas que garantizan al mismo tiempo la calidad estética y la seguridad estructural, sin que esté del todo clara la distinción entre una cosa y otra.⁵⁵ Pero todo esto no impide que sea una regla estructural bastante sensata; como ha mostrado Huerta,⁵⁶ para luces pequeñas y medias se aproxima un tanto a los resultados posteriores de Perronet y Rankine, quedando del lado de la seguridad, sobre todo para grandes luces.

Este pasaje es uno de los pocos en los que Aranda utiliza medidas, que hemos de suponer en pies castellanos. Por lo general Aranda se desenvuelve sin manejar medidas, como también hacen Vandelvira o De L'Orme, pues sus procedimientos de traza y labra de cantería son independientes de la dimensión del arco y geoméricamente válidos para cualquier tamaño. Las excepciones se reducen a este pasaje y a las *trazas* dedicadas a los *caracoles*,⁵⁷ donde la escala humana impone condiciones rigurosas que Aranda resuelve con gran facilidad precisamente porque emplea un sistema de base antropométrica.

La otra regla permite dimensionar el canto de los estribos de los arcos. Se trata de dividir el intradós del arco en tres partes, bajar una perpendicular hasta que intersecte con la línea de impostas y tomar la distancia desde la intersección hasta la jamba como ancho del estribo [10]. Como es lógico, a mayor luz del arco, más ancho será el estribo; para arcos de la misma luz, cuanto más peraltado sea el arco, más estrecho será el estribo. Para arcos de medio punto, siendo E el ancho del estribo, R el radio del arco y L su luz, obtenemos el resultado

$$E = R \times \cos 60^\circ = \frac{1}{2} R = \frac{1}{4} L$$

⁵⁵ James S. ACKERMAN, «Ars sine scientia nihil est. Gothic Theory of Architecture at the Cathedral of Milan», *Art Bulletin*, 1949, p. 105; Rudolf WITTKOWER, *Gothic versus classic*, Londres, Thames and Hudson, 1974, pp. 23-24; Jacques HEYMAN, «Beauvais Cathedral», p. 113 de la trad. española; «How to design a cathedral: fragments of the history of structural engineering», *Proceedings of the Institution of Civil Engineering, Civil Engineering*, 1992 (Tr. española de María Teresa Valcarce Labrador, en *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1995, p. 343); Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, Tesis doctoral, Universidad de Princeton, 1984, p. 274. Existe versión española de los documentos que recogen las discusiones sobre la catedral de Milán entre Mignot y los maestros italianos en Joaquín YARZA, et al., *Arte Medieval II. Románico y Gótico*, Barcelona, Gustavo Gili, 1982, pp. 329-337.

⁵⁶ Santiago HUERTA FERNÁNDEZ, *Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España ca. 1500- ca. 1800*, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1990, p. 300.

⁵⁷ V. p. 191 del Tomo III y ss.

es decir, un ancho del estribo equivalente al cuarto de su luz, valor muy usado en el Renacimiento y el Barroco. En palabras de Heyman, «la regla [...] recogida por un hombre práctico para un uso práctico nos conduce por supuesto, a un resultado muy sensato»⁵⁸

Un problema viene dado por la división de los arcos escarzano y apuntado. ¿Cómo se dividen los tres arcos que se citan en tres partes para calcular el ancho mínimo de su apoyo? El de medio punto no ofrece ningún problema, puesto que el lado del hexágono es igual al radio del círculo inscrito; el arco comprendido entre dos vértices del hexágono tiene por cuerda el radio y equivale a una sexta parte de la longitud total de la circunferencia o la tercera parte del semicírculo; bastará por tanto tomar el radio del arco para dividir éste en tres partes iguales. Sin embargo, en los arcos apuntado y rebajado se plantea el problema eterno de la trisección del círculo con escuadra y compás. Es improbable que Aranda abordara el problema por otra vía que la del tanteo o la división en multitud de pequeños segmentos, que todavía recomendaban Guarini y Frézier.⁵⁹ Esta sospecha se refuerza cuando vemos que en el caso del arco apuntado no son las tres secciones en que se divide el intradós del arco las que son de igual longitud, sino sus **cuerdas**; dicho de otro modo, la suma de los desarrollos de las dos secciones a ambos lados de la clave es mayor que el desarrollo del intradós de una de las secciones junto a las impostas, porque lo que se ha igualado es la distancia entre la imposta y la primera marca de división, la primera marca de división y la segunda, y la segunda marca de división y la otra imposta. Este procedimiento de dividir según cuerdas, que también usarán Derand y Blondel, es el mismo que emplea Aranda para más de tres divisiones en las dos versiones del *Arco de rincón de caustria por plantas* y en las del *Arco diagonal por esquina*.⁶⁰

Es interesante comparar este resultado con otras recomendaciones de la época. Lechler da al muro aproximadamente un décimo de la luz del arco; el estribo sale del muro en su base alrededor de un quinto de la luz, lo que lleva a un ancho total del estribo de unos tres décimos de la luz, es decir, un

⁵⁸ Jacques HEYMAN, «Calculation of abutment sizes for masonry bridges», *Colloquium on history of structures*, 1982, Londres, Institution of Structural Engineers, 1984 (Tr. española de Jorge Conde Conde, en *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1995, p. 274) Se está refiriendo en realidad a Blondel, que recoge la regla casi ochenta años después que Aranda, pero las palabras pueden aplicarse perfectamente al maestro baezano. V. también *ibid.* p. 278.

⁵⁹ Guarino GUARINI, *Architettura Civile*, Turín, Gianfrancesco Mariette, 1737, trat. IV, cap. III, obs. 2; Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. III, p. 43.

⁶⁰ V. pg. 173 y ss. del Tomo I y 217-223 y 227-230 del Tomo II.

resultado algo más conservador que el de Aranda, especialmente si se aplica a arcos apuntados.⁶¹

Encontramos otros métodos gráficos de cálculo en capítulo VI del *Compendio de Arquitectura y Simetría de los Templos*, de Simón García, que se puede atribuir a Rodrigo Gil de Hontañón como dijimos más arriba.⁶² La primera consiste en trazar un arco, «que supongo ser a medio punto», inscribirlo en dos cuadrados, trazar la diagonal de uno de los cuadrados o lo que es lo mismo, un radio del arco que forme un ángulo de cuarenta y cinco grados con la línea de impostas, determinar su intersección **D** con el arco, trazar una línea que pase por la clave **B** y por el punto **D**, trazar otra línea que pase por la imposta **E** y sea perpendicular a **B E** o, lo que es lo mismo, que forme un ángulo de cuarenta y cinco grados con la línea de impostas, y hallar la intersección **K** de esta línea con la prolongación de **B D**; la distancia **E K** será el ancho del estribo y no tendremos más que bajarla a la línea de impostas con un trazo de compás [11]. Para arcos de medio punto, el ancho del estribo vale $1/2 \times \sqrt{6-4\sqrt{2}}$, o en números decimales **0,293**, valor algo más conservador que el de Aranda, pero todavía sensato.⁶³ Ahora bien, si el procedimiento se extrapola a otros arcos, comienzan a aparecer resultados absurdos, como ha expuesto Heyman: los arcos apuntados precisarían de más estribos que los rebajados.⁶⁴ Al igual que

⁶¹ Sergio Luis SANABRIA, «The mechanization of design in the XVIth century: The structural formulae of Rodrigo Gil de Hontañón», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1982, pp. 285-286; en *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, p. 156, señala que Rodrigo Gil mide el ancho del estribo a la altura de la *jarja*, y que se hace mayor conforme se descende por la cara exterior del estribo por los taludes frecuentes en los estribos góticos, por lo que el resultado es muy próximo al de Lechler; Sheila BONDE, Robert MARK, y Edwin C. ROBINSON, «Walls and other vertical elements», en Robert Mark, ed., *Architectural Technology up to the Scientific Revolution*, Cambridge, Mass., MIT Press, 1993, p. 124.

⁶² Rodrigo GIL DE HONTAÑÓN, *Manuscrito*, f. 18 v.-19 v. Sobre estos métodos v. también Carlos CHANFÓN OLMOS, «Simón García y la proporción geométrica», en Simón GARCÍA, *Compendio de Arquitectura y Simetría de los Templos*, Churubusco, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, 1979 (Reproducido en la ed. de 1991, Valladolid, Colegio de Arquitectos, pp. 40-42); Fernando MARIAS, «Piedra y ladrillo en la arquitectura española del siglo XVI», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance*, pp. 71-84; sobre el «empirismo» de Rodrigo Gil frente al «racionalismo» de Leonardo y los siglos posteriores, v. Santiago HUERTA FERNÁNDEZ, «La teoría del arco de fábrica: desarrollo histórico», *OP*, 1996, pp. 18-29, esp. p. 18.

⁶³ Sergio Luis SANABRIA, «The mechanization of design in the XVIth century: The structural formulae of Rodrigo Gil de Hontañón», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1982, p. 287; *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, p. 161. V. también George Edward KUBLER, «A late gothic computation of rib vault thrusts», *Gazette des Beaux-Arts*, 1944, p. 142; ha de tenerse en cuenta que dice erróneamente «Another rule, with an even higher safety factor, suggests taking the thickness of the bearing wall as one-fourth the diameter of the vault», como han señalado Heyman y Sanabria.

⁶⁴ Jacques HEYMAN, «Calculation of abutment sizes for masonry bridges», p. 276 de la trad. española. El pasaje es de interpretación difícil, pues Rodrigo dice: «formada la manetud del arco, que supongo ser á

en el método expuesto por Aranda, no se tiene en cuenta ni la altura del estribo ni la sección del arco.

La segunda regla de Rodrigo Gil⁶⁵ conduce a resultados en la misma dirección. Una vez trazado el arco de medio punto, lo divide en seis partes y tira líneas desde el primero y el segundo de los puntos así obtenidos, **D** y **C** respectivamente, a la imposta opuesta; lo mismo hace desde la clave **B**, que es el tercero de estos puntos [13]. A continuación baja una vertical desde **D** hasta intersectar la línea de impostas en **G**, lo que recuerda superficialmente al procedimiento de Aranda; después traza un arco con centro en **D** y radio **D G** hasta intersectar la prolongación de **A D** en **H**. Repite la operación con centro en **B** y radio igual a la flecha del arco **B E**, intersectando la prolongación de **A B** en **F**, y traza la línea **F H**. Hecho esto, traza un arco con centro en la intersección **K** del arco **E F** con la prolongación de **A C**, y radio igual a «la cantidad que hay desde **K** hasta **H F**», lo que revela una pequeña imprecisión, pues no hay nada que asegure que **K F** y **K H** sean iguales. En arcos de medio punto, las consecuencias de esto son inapreciables en la práctica,⁶⁶ pero en otro tipo de arcos, **K F** y **K H** son sensiblemente diferentes en general; esto parece dar a entender que Rodrigo Gil no pretendía extrapolar esta fórmula a arcos rebajados o apuntados. En cualquier caso, una vez trazado el arco con centro en **K** que pasa por **H** o por **F**, se traza otro con centro en **H** de forma que pase por **K**; desde la intersección **L** de este arco con el anterior bajaremos una vertical que nos dará la cara exterior del estribo. El resultado es ligeramente más conservador, con estribos de **0,301** veces la luz para el arco de medio punto. Como hemos señalado, no parece que Rodrigo Gil se haya planteado extrapolar esta fórmula para arcos rebajados o apuntados, no sólo porque en tal caso se hace evidente que **F K** y **K H** no son iguales,

medio punto, en el medio del dicho arco. que es 1/4 de círculo, forma un cuadrado de lados yguales, como la figura siguiente muestra». Santiago HUERTA FERNÁNDEZ, *Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España*, p. 122, considera que «Rodrigo afirma explícitamente que [la regla] es para este tipo de arcos [de medio punto]», pero también es posible entender que Rodrigo está exponiendo el caso del arco de medio punto, que conduce a un cuadrado, para fijar ideas, pero admitiría su extensión a otros arcos, y por eso dice «que supongo ser a medio punto» y no «que ha de ser a medio punto» u otra fórmula más categórica. Es de señalar que Rodrigo Gil expone en dos ocasiones casos particulares en su tercera regla de arcos para generalizar después, como ha señalado el propio Santiago HUERTA FERNÁNDEZ, *ibid.*, p. 127, 132

⁶⁵ Rodrigo GIL DE HONTAÑÓN, *Manuscrito*, f. 19 v. - 20.

⁶⁶ En un arco de medio punto, los ángulos **B A C** y **C A D** son casi iguales - 14,623° y 14,295°, en grados sexagesimales y milésimas de grado - y **F H** es casi perpendicular a **A C** - 88,530°, con la misma notación - y como consecuencia, **F K** y **K H** son casi iguales - 0,306 y 0,312 veces la luz, respectivamente. V. Sergio Luis SANABRIA, «The mechanization of design in the XVIth century: The structural formulae of Rodrigo Gil de Hontañón», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1982, pp. 288; *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, p. 162.

sino porque conduce a resultados todavía más inconsistentes que la fórmula anterior, con estribos delgadísimos para arcos rebajados y muy gruesos para arcos apuntados.⁶⁷

La tercera fórmula gráfica de Rodrigo Gil tiene mucho sentido estructural, y a diferencia de las dos anteriores y de la de Aranda, hace intervenir el canto del arco y la altura de los estribos [12]. Una vez trazadas ambas caras del arco y la cara interior del estribo, se traza una línea desde la clave del arco a la altura del trasdós H , al arranque de los estribos K , que intersecta a la línea de impostas en L . La distancia desde este punto L a la imposta E nos dará el ancho del estribo. Se puede invertir el sentido de las operaciones fijando a priori el ancho del estribo, llevarlo desde E hasta el punto C , trazar una línea desde H hasta C y prolongarla hasta encontrar la jamba del arco en D ; la distancia será la altura admisible del estribo.⁶⁸ Todo esto equivale a hacer

$$E = (h_c \times \frac{1}{2} L) / (h + c + h_c)$$

siendo E el ancho del estribo, h_c su altura, L la luz del arco, c su canto y h su flecha. Para un arco de medio punto, estribos de altura igual a vez y media la luz y canto igual a un quinto de la luz, tenemos un valor de 0,341 veces la luz, bastante conservador en relación con la primera fórmula, Lechler y Aranda.

Todavía ofrece Rodrigo Gil otra fórmula, pero esta vez no es gráfica sino aritmética, y consiste simplemente en tomar la raíz cuadrada de la suma de la altura de los estribos y del desarrollo del intradós de un semiarco, lo que nos dará la anchura del estribo también en pies, es decir,

$$E = \sqrt{h_c + d_a/2}$$

siendo d_a el desarrollo de intradós del arco.⁶⁹ Al contrario que la fórmula anterior, no es coherente dimensionalmente, pues iguala una

⁶⁷ Jacques HEYMAN, «Calculation of abutment sizes for masonry bridges», p. 276 de la trad. española.

⁶⁸ V. Sergio Luis SANABRIA, «The mechanization of design in the XVIth century: The structural formulae of Rodrigo Gil de Hontañón», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1982, pp. 288; *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, p. 165-173.

⁶⁹ Rodrigo GIL DE HONTAÑÓN, *Manuscrito*, f. 20 v. - 21 v.; George Edward KUBLER, «A late gothic computation of rib vault thrusts», *Gazette des Beaux-Arts*, 1944, pp. 142-143 dice «taking the square root of the sum of the height of the bearing wall [...] and the radius of the vault» cuando el *Compendio* reza: «si un arco que tiene por diametro 14 pies su arco tiene 22 por circunferencia, subida una línea del çentro a la circunferencia que haga angulos rectos con el diametro, parte el diametro en dos partes Y viene a tener 11 pies lo que sube el pie derecho es tanto como tiene el hueco, que es 14 pies juntandolos con 11 montan 25. Raiz cuadrada de 25 son 5, tantos pies tenga de estriuo» Por tanto queda claro que hay que tomar la

longitud a la raíz de una suma de longitudes.⁷⁰ Esto tiene como consecuencia que los datos y el resultado deben estar medidos necesariamente en pies, pues de lo contrario los resultados serán diferentes; y también que el ancho de los estribos no aumenta con la luz, sino con su raíz, y por tanto, la relación E/L va siendo menor conforme aumenta la luz. Para un arco de diez pies y proporción h_e/L igual a 1, será de 0,423; para otro de 14 pies, como el propuesto por Rodrigo Gil, 0,357; para el arco de triunfo de la catedral de Granada, de alrededor de 40 pies, tendremos 0,211 con la proporción un tanto chata que emplea Rodrigo Gil, y 0,263 con la proporción muy esbelta del arco granadino, próxima a 2:1. Por tanto la fórmula es conservadora para pequeñas luces, y más estricta para grandes luces, lo que tiene el sentido de evitar gruesos de estribos exageradamente grandes en estos casos.

Rodrigo Gil parece haber oído hablar de una fórmula similar a la de Aranda cuando se refiere con cierto desdén a «sacar razón del estribo que habrá menester una cualquiera forma [...] otros por ciertas líneas ortogonales lo hacen, y se osan encomendar a ello teniéndolo por firme».⁷¹ También habla de una fórmula alternativa basada en el cuarto de la luz:

nunca hallo regla que me sea suficiente, y también la he probado entre arquitectos españoles y extranjeros, y ninguno parece alcanzar verificada regla, mas de un solo albedrío y preguntando porqué sabremos ser aquello bastante estribo se responde por que lo ha menester, mas no porque razón, unos le dan el $\frac{1}{4}$ ⁷²

longitud de un cuadrante del arco, y no su radio, para sumarlo a la altura del estribo: v. Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, p. 159-160.

⁷⁰ Sergio Luis SANABRIA, «The mechanization of design in the XVIth century: The structural formulae of Rodrigo Gil de Hontañón», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1982, p. 287; *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, p. 160.

⁷¹ Rodrigo GIL DE HONTAÑÓN, *Manuscrito*, f. 18 v. Antonio CASASECA CASASECA, *Rodrigo Gil de Hontañón*, p. 297 dice: «El problema surge a la hora de fijar las fuentes en que ha bebido Hontañón para redactar estos capítulos. Sabemos que no son originales, pues [...] Derand recoge algunos dibujos semejantes a los que aparecen en el *Compendio de Arquitectura* ... lo que nos lleva a inferir que uno y otro - dado que el francés no pudo conocer el manuscrito de Rodrigo Gil - se inspiraron en las mismas fuentes, que son, sin duda, medievales» Hay que tener en cuenta que los dibujos de Rodrigo Gil y Derand son semejantes, porque abordan el mismo problema, pero no iguales, porque no llegan a la misma solución. Incluso el hecho de que Rodrigo Gil exponga la regla del cuarto de la luz, señalado por Casaseca, p. 296, le distancia de Derand por dos razones; en primer lugar, porque niega validez a lo que el jesuita propondrá más tarde, y también porque conoce y expone una regla diferente de la que emplea el padre Derand, que sólo coincide con ésta en el caso particular del arco de medio punto. Por tanto, la comparación entre Rodrigo Gil y Derand pone precisamente de manifiesto la dificultad de mantener la teoría de las fuentes comunes entre Rodrigo Gil y Derand.

⁷² Rodrigo GIL DE HONTAÑÓN, *Manuscrito*, f. 18 v. V. George Edward KUBLER, «A late gothic computation of rib vault thrusts», *Gazette des Beaux-Arts*, 1944, p. 142 y Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 155, que dice: «This first rule, given twice in the text, in Chapter 2, 2v, and Chapter 6, 19 r, simply states that the buttress depth required

Como hemos señalado antes, las dos fórmulas arrojan el mismo resultado para arcos de medio punto;⁷³ sin embargo, la del tercio del desarrollo arroja estribos menores para los arcos apuntados y mayores para los rebajados; en cierto modo lleva a la práctica la observación de Philibert de L'Orme según la cual:

las bóvedas hechas en horno según el círculo perfecto son más fuertes que si las hacéis rebajadas y carpaneles, porque son más débiles y piden un muro más grueso, y de mayor fuerza para sostener los empujes. Hay que entender que el espesor de dichas bóvedas debe ser la mitad del grueso del muro sobre el que se levantan y que conforme van subiendo deben disminuir de grosor de manera que al llegar a la clave no tendrán más del cuarto de espesor que la base.⁷⁴

Cristóbal de Rojas, tan próximo a Aranda en otros casos, opta por una fórmula simple y conservadora, pero que ofrece un gran interés por tener en cuenta la carga del estribo: «un arco de medio punto, le bastará por estribo la tercia parte de su hueco : y algunas veces bastará la cuarta parte, cuando cargase mucho peso sobre sobre los pilares».⁷⁵

Las controversias siguen a lo largo del siglo XVII español. Cuando Pedro de la Peña reprocha a Pedro Sánchez que haya proyectado unos muros de ancho igual a 1/9 de su altura, este último responde que las medidas de los tratadistas eran las apropiadas para bóvedas de piedra, pero

to support a vault should be one fourth of the span», pero el f. 2 v. dice en la transcripción de Cristina Rodicio: «esto es lo que una capilla cabeçera requiere de pared y estribo, teniendo 12 de estribo 3 de salida en cada angulo», mientras que en el folio 19 r se está refiriendo a «formas» y a arcos. Es decir, Rodrigo Gil da en el f. 2 v. una fórmula para capillas cabeceras, en principio rectangulares como la del f. 4, y cita pero no aprueba otra diferente en el f. 19 r. para arcos.

⁷³ Es interesante examinar en este contexto los ejemplos aportados por Huerta. Con todas las precauciones que el mismo autor señala que hay que emplear al superponer trazados geométricos a edificios construidos, en la iglesia de Wimpfen y la catedral de Friburgo, la regla de Aranda da resultados prácticamente iguales a los contrafuertes reales de unos arbotantes que tienen por directriz un cuarto de circunferencia. Ahora bien, como decimos, para el caso del arco semicircular, la regla de Aranda equivale a tomar el cuarto de la luz, o la mitad de la luz para el contrafuerte en cuarto de círculo. Por tanto, en estos casos se puede haber aplicado bien una generalización de la regla del cuarto de la luz que exigiría estribos de la mitad de la luz de los arbotantes en cuarto de círculo, bien una versión igualmente generalizada de la regla de Aranda, que pediría prolongar el trazado del arbotante hasta completar un semicírculo, dividirlo en tres partes, hallar la proyección del punto que separa el primer y el segundo tercio, y bajar una vertical para obtener el ancho del contrafuerte. De las dos posibilidades, parece más verosímil la primera, por más sencilla e intuitiva. Pero además el ejemplo de Gerona apunta en esa dirección, porque el trazado de los contrafuertes secundarios se aproxima a la regla del tercio del desarrollo, pero el de los principales se acerca al cuarto de la luz.

⁷⁴ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 113 v.: «[...] les voutes faictes en four selon le cercle parfait, sont plus fortes que si vous les faisiez surbaissées, & à anse de panier, car lors elles sont plus foibles & demandent plus grosse muraille, & de plus grande force pour soutenir les poulsees qu'elles sont. Et par ainsi il fault entendre que l'espesseur des dictes voutes doit estre la moitié de la grosseur du mur, sur lequel elles sont plantées, & qu'en montant elles doivent diminuer de la dicte grosseur, de sorte qu'au droit de la clef elles ne seront si espesses de la quarte partie que par le bas»; Eugène VIOLET LE DUC, *Entretiens sur l'Architecture*, t. II, p. 13.

⁷⁵ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 97.

que las tabicadas exigían menor grosor; finalmente interviene Juan Gómez de Mora que da de ancho a los muros 1/6 de su altura. Pero lo más interesante del suceso para nuestros propósitos es saber que «los maestros del escurial escribieron un breve tratado» sobre el tema, hoy desgraciadamente perdido.⁷⁶

El enfoque geométrico de los problemas físicos es en cierto modo característico de la época; algunos autores del siglo XVI como Maurolico intentan construir modelos físicos basados en la teoría de las proporciones, de raíz geométrica.⁷⁷ Ahora bien, el método de Aranda no sólo es coherente con estas concepciones de la época, que en cierto modo derivan de las asunciones de Mignot, sino también bastante aceptable para los criterios actuales.⁷⁸

Puede resultar extraño para los hábitos de nuestros días que en estos métodos no corresponda ningún papel al material. Pero como ha señalado Heyman, en las construcciones de fábrica el material trabaja casi siempre a tensiones muy inferiores a las admisibles, y por tanto son sustanciales las consideraciones de estabilidad, que dependen de la forma, y no las de resistencia, por lo que el planteamiento es perfectamente válido en principio.⁷⁹

Es curioso comprobar que esto se intuía en el siglo XVI, aunque fuera referido a los impactos de la artillería en las murallas, y de una forma muy vaga:

⁷⁶ Fernando MARÍAS, «Piedra y ladrillo en la arquitectura española del siglo XVI», en *Les Chantiers de la Renaissance*, pp. 75-76.

⁷⁷ Pier Daniele NAPOLITANI, «La géométrisation des qualités physiques au XVIème siècle: les modèles de la théorie des proportions», *Entre mécanique et architecture*, Basel - Boston - Berlin, Birkhäuser Verlag, 1995, pp. 68-86; Edoardo BENVENUTO, «Entre mécanique et architecture», *ibid.*, p. 11. V. también Juan de HERRERA, *Architectura y machinas*, Ms. c. 1580 (Transcrito por Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, Madrid, Espasa-Calpe, 1936, pp. 36-38) y la interpretación que hace de él Nicolás GARCÍA TAPIA, «Juan de Herrera y la ingeniería», *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunwerg, 1997, pp. 226-227.

⁷⁸ Otto von SIMSON, *The Gothic Cathedral*, p. 55; Jacques HEYMAN, «On the rubber vaults of the middle age and other matters», p. 91 de la trad. española; «Beauvais Cathedral», p. 114 de la trad. española; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 274.

⁷⁹ Jacques HEYMAN, «The gothic structure», pp. 229, 233 de la trad. española; «The collapse of stone vaulting», *Structural Repair and Maintenance of Historical Buildings*, Southampton-Boston, Computational Mechanics Publications, 1993 (Tr. española de Jorge Conde Conde, en *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1995, p. 355), que refuta la tesis muy extendida en el siglo XIX, según la cual las fábricas góticas hacían trabajar al material al límite de su resistencia y lo aprovechaban de manera óptima. V. Auguste CHOISY, *Histoire de l'Architecture*, p. 411. V. también Santiago HUERTA FERNÁNDEZ, *Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España ca. 1500- ca. 1800*, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1990, p. 62, y Carlos GORDO MURILLO, *Bóvedas oblicuas en cantería*, pp. 22-27, 35.

Sin duda ninguna, la fuerza de la muralla depende más de la forma que de la materia: y cuando no le auxilia el ingenio del arquitecto con la forma adecuada, por gruesa que se haga, y cualquiera que sea la clase de la piedra, o del ladrillo, que gallardamente resiste a los proyectiles, será abatida por los golpes de la artillería, los picos o las minas, o superada con máquinas.⁸⁰

También puede llamar la atención que la altura de los estribos no desempeñe ningún papel en el procedimiento de Aranda o en la primera y segunda fórmula geométrica de Rodrigo Gil, lo que ha llevado en ocasiones a considerar como más avanzada la tercera fórmula del *Compendio*. Pero como señala Heyman, ya en 1843 Moseley demostró que un estribo que soporta un empuje dado puede tener un espesor independiente de su altura. Por tanto, mientras no jueguen cargas dinámicas, el método de Aranda es conceptualmente válido en este punto. En cambio, cuando se quiere estribar adecuadamente los templos «por causa de los fuertes vientos, y el sitio de templo estar en alto [...] porque el viento no le empuzca con furia» como dice Rodrigo Gil, entonces sí que interviene en el problema del estribo su altura, y la tercera fórmula del *Compendio* cobra sentido.⁸¹

Como ha señalado Huerta, el método de Aranda reaparece en Derand [14], sin ninguna variación sustancial: en lugar de bajar una perpendicular desde el tercio del desarrollo del arco, intersectar con el plano de impostas y medir la distancia a la jamba, Derand traza una recta que pasa por el tercio del desarrollo del arco y por la jamba, y después traza un arco con centro en la jamba que pasa por el tercio del desarrollo del arco; por el punto donde este arco intersecta a la recta antes trazada ha de pasar la cara exterior del estribo.⁸² La solución conduce siempre al mismo resultado que la de

⁸⁰ Girolamo MAGGI, y Jacopo CASTRIOTO, *Della fortificatione delle città ... Libri III*, Venecia, Rutilio Borgominiero, 1564, f. 21: «Non è dubio alcuno, che la fortezza della muraglia consiste più nella forma, che nella materia; auuenghi che s'ella non sarà aiutata dall'ingegno dell'Architetto con detta forma, per grossa ch'ella si faccia, e di qual si uoglia sorte di pietra, ò di matone, che gagliardamente resiste alle percosse, sarà nondimeno dalle'colpi dell'artiglieria ò con picconi, ò con mine abbatutta, ò con scale, e machine superata» V. Jorge GALINDO DÍAZ, «La construcción de murallas: un aspecto del saber constructivo presente en los tratados de arquitectura militar (siglos XVI al XVIII)», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 217-222, y Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *Histoire de l'Architecture française. De la Renaissance à la Révolution*, París, Mengès-CNMHS, p. 33.

⁸¹ Jacques HEYMAN, «Calculation of abutment sizes for masonry bridges», pp. 273-274 de la trad. española; Sergio Luis SANABRIA, «The mechanization of design in the XVIth century: The structural formulae of Rodrigo Gil de Hontañón», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1982, p. 291.

⁸² P. François DERAND, *L'Architecture des voûtes*, f. 6: «Soit donée la voûte en plein cintre ABCD marquée en son milieu d'un P divisez la en trois également és points BC, puis par vn des tiers comme CD tirez la ligne droite CDF & vous servant du mesme point D pour centre, & ouurant le compas de l'estendue de la corde CD, faites au dessous, & an dehors oeuvre du dit cintre, l'arc EF. Et par le point F, où le dit arc coupe le ligne CF, tirez l'aplomb FG par le dehors de la muraille, qui doit porter la voûte ACD: & partant l'épaisseur de la dite muraille, pourra estre comprise entre les lignes EH, & FG & ainsi elle sera suffisante

Figura 14. François Derand, L'architecture des voutes.

Figura 15. François Blondel, Cours d'Architecture, p. IV, f. 419.

Aranda, pues los dos segmentos que van del tercio del desarrollo a la jamba y de ésta a la cara exterior del estribo presentan simetría central respecto a la jamba y por tanto son de igual longitud y pendiente; de tal manera sus proyecciones sobre el plano de impostas son iguales; por tanto, el ancho del estribo es igual a la distancia entre la proyección del tercio del desarrollo y la jamba, como en Aranda. Por otra parte, es de señalar que Derand ilustra la regla con tres arcos de medio punto, escarzano y apuntado, como Aranda, pero además añade un arco elíptico peraltado, que como vimos es muy infrecuente en el repertorio clásico, pero fue empleado por Aranda y Rojas en Santa Cruz de Cádiz y aparece en las *Difinitiones* primera y tercera de esta primera parte de los *Cerramientos*.⁸³ A partir de ahí, se convierte en un lugar común: aparece en Blondel [15], Milliet-Dechaies, De la Rue, Tosca y García Berruguilla;⁸⁴ sólo a mediados del siglo XVIII Frézier la critica argumentando que no se tiene en cuenta el espesor del propio arco.⁸⁵ De la difusión de la regla nos da idea el que un autor tan informado como Heyman se refiera a ella como «regla de Blondel».⁸⁶ Si fuera imprescindible atribuir la fórmula a una sola persona, sería más apropiado llamarle «regla de Aranda», puesto que aparece por primera vez de forma explícita, sistemática y generalizada en los *Cerramientos*.

pour résister à la poussée de la voûte, comme la pratique & l'expérience le font voir.». V. Santiago HUERTA FERNÁNDEZ, *Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España ca. 1500- ca. 1800*, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1990, p. 136. Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 178, comenta el método de Derand creyéndolo original, pues todavía no se habían publicado los *Cerramientos*, y lo considera «a stunted development in geometrical structural thinking», relacionándolo únicamente con la fórmula de Rodrigo Gil del cuarto de la luz, a la que nos referiremos más adelante, y lamentando el abandono de las variables de grosor de dovela y altura de carga. Pero el interés del procedimiento, que aparece en Aranda por primera vez, no es repetir la fórmula probablemente medieval sino extenderla a otros tipos de arcos; en cuanto al grosor de la dovela, ya vimos que era objeto de la primera parte de la *Difinition* de Aranda; y en cuanto a la altura de carga, parece claro que la fórmula de Aranda y Derand es para arcos perpiaños o fajones y no para arcos abiertos en muros.

⁸³ V. p. 40 y ss. del Tomo I y 17 y 22 de este Tomo II.

⁸⁴ Thomas Vicente TOSCA, *Tratado de Arquitectura Civil, Montea y Cantería, y Reloxes*, tratado XV, p. 116-118 de la ed. de 1727; François-Nicolas BLONDEL, *Cours d'architecture*, París, 1683, p. IV, pp. 417-420; la p. 420 está foliada por error como 410.

⁸⁵ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. III, p. 351; Benito BAILS, *Elementos de Matemática...*, Madrid, Joaquín Ibarra, 1779-87, Tomo IX, parte 1, pp. 528-529; V. Jacques HEYMAN, «Calculation of abutment sizes for masonry bridges», pg. 273 de la trad. española; José Luis GONZÁLEZ MORENO-NAVARRO, *El legado oculto de Vitruvio*, Madrid, Alianza, 1993, pp. 143-144, 146; respecto al carácter «no científico» de la solución, v. los pasajes de Heyman citados más arriba; Antonio CASTRO VILLALBA, *Historia de la construcción medieval. Aportaciones*, Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, 1996, p. 26. En cualquier caso, es llamativo comprobar que Aranda **sí tenía en cuenta el espesor del propio arco**, que fija en la primera parte de la *Difinition*.

⁸⁶ Jacques HEYMAN, «Calculation of abutment sizes for masonry bridges», p. 272 de la trad. española.

Sin embargo, es muy poco lo que sabemos sobre el origen de la regla. Viollet dio por supuesto que se trataba de una regla medieval, sin explicar en qué se basaba; quizá para él era imposible concebir que un autor del siglo XVII encontrara una fórmula estructural sensata.⁸⁷ Desde entonces se viene dando por sentado el origen gótico de la regla sin necesidad de mayores discusiones. Sólo Warth y Huerta intentan demostrar el carácter medieval del procedimiento con pruebas y no con argumentos de autoridad: señalan que los contrafuertes de la iglesia de Wimpfen y las catedrales de Freiburg y Gerona están dimensionados de acuerdo con la regla. Pero como reconoce el propio Huerta, la validez de los métodos que se basan en superponer trazados ideales a edificios reales es siempre discutible, y no hay documentos que prueben el origen medieval de la regla; además es necesario tener en cuenta que en los ejemplos medievales la regla se emplea para el dimensionado de estribos que soportan arcos perpiaños, y por tanto un tramo de bóveda de crucería, mientras que la *Difinition* de Aranda parece estar destinada a arcos independientes, aunque no se puede excluir su empleo como en los arcos fajones.⁸⁸

Por otra parte, maestros de prestigio y buenos conocedores de la tradición medieval como Lechler o Hernán Ruiz ignoran la regla del tercio del desarrollo. En cambio, Rodrigo Gil sí parece conocerla, como hemos visto, pero se refiere a ella con escepticismo: si la regla del cuarto de la luz la sostienen los arquitectos ibéricos y foráneos «de un solo albedrío», la de las líneas ortogonales sólo la emplean algunos osados. También Rodrigo traza líneas ortogonales como las de Aranda, desde los puntos que dividen al arco en tres y seis partes; como hemos expuesto antes, la semejanza es superficial pues aunque las construcciones sean similares, si las vemos en el contexto de todo el procedimiento, su función es completamente diferente; pero es

⁸⁷ Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, París, B. Bauge, 1854 (Tr. esp. del artículo «Construction» de Enrique Rabasa, *La construcción medieval*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, p. 61), dice que «En cuanto al empuje de los arcos, [...] se utilizaba aún en el siglo XVI una muy sencilla fórmula geométrica para estimar la fortaleza que requerían los estribos» y a continuación incluye y describe unos esquemas muy similares a los de Derand; la única diferencia significativa es que aporta dos apuntados y uno de medio punto, y ningún rebajado; todo esto sin citar fuente. José FERNÁNDEZ SALAS, «Geometría y función estructural en cantería. La cantería y la estereotomía de la piedra en el aprendizaje del arte de construir y otras consideraciones», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, p. 191, presenta un diagrama exactamente igual al de Derand, al que atribuye carácter medieval, también sin citar fuente; Santiago HUERTA FERNÁNDEZ, y Rafael HERNANDO DE LA CUERDA, «La teoría de bóvedas en el siglo XVIII: la contribución de Philippe de la Hire», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, p. 233, reproducen la solución de Derand sin citar a Aranda.

⁸⁸ Santiago HUERTA FERNÁNDEZ, *Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España*, p. 137.

significativo comprobar que una de estas líneas, precisamente la que baja desde el tercio del desarrollo del arco, es perfectamente innecesaria, como si respondiera a un deseo de mantenerse al día empleando los métodos de una escuela que no es la suya.

Así pues, en tiempos de Rodrigo Gil parece existir un cierto debate entre el grupo mayoritario que acepta la regla tradicional del cuarto de la luz, los que emplean una fórmula basada en «ciertas líneas ortogonales» que parecen tener cierta semejanza con la de Aranda, y otros autores como el propio Rodrigo Gil que se lanzan a proponer fórmulas alternativas a éstas. Si hay debate, es difícil hablar de una tradición asentada, y el tono empleado por Rodrigo cuando habla de «otros [que] se osan encomendar a [las líneas ortogonales] teniéndolo por firme» parece el que emplean los maestros experimentados al referirse a novedades no probadas.

De esta manera, la regla del tercio del desarrollo era probablemente empleada en la Edad Media para el dimensionado de contrafuertes de arcos perpiaños, aunque no había alcanzado una aceptación generalizada en el siglo XVI. A partir de la época de su primera aparición documentada y explícita en los *Cerramientos*, se emplea también para arcos fajones o independientes y se extiende con gran rapidez a lo largo del XVII, lo que hace sospechar que el procedimiento de las «líneas ortogonales» y la aplicación de la fórmula a arcos independientes o fajones fueran recientes. Por tanto, estamos quizá ante una regla de origen medieval, pero eso no nos debe llevar a concebir el quehacer constructivo y estructural de Aranda y su entorno como una práctica estática y cerrada basada en la aceptación acrítica de la tradición, sino muy al contrario, en una saber en evolución en el que se barajan fórmulas muy diferentes; unas son nuevas, otras se conocen de antiguo, pero la nueva arquitectura del humanismo obliga a redefinir su campo de aplicación.

Arco viaje contra cuadrado por testa

Para trazar este dicho arco viaje contra cuadrado por testa le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve de testa para el lado de la planta **B** y asimismo formarás el arco yndulcido **C** que sirve de testa para el lado de la planta en viaje **D** y este dicho arco se ha de yndulcir con el altura de los plomos del arco **A** y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en el lado en viaje **D** conforme se hizo en la difinition tercera de esta primera parte figura **O** y para sacar las plantas por caras las sacarás

de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara E tomarás el ancho de su bolsor en el arco A desde el punto a al punto b y este tamaño lo galgarás con la línea c y la que se galgare será la línea E después tomarás el largo de la línea d desde el punto e al punto f y este tamaño lo echarás en la línea E desde el punto g al punto h y a este dicho punto h tirarás la testa en viaje que ha de servir para el arco C desde el punto i de manera que entre los cuatro ángulos señalados con las letras g h i l quedará formada la dicha planta por cara y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por cara para plantarlas al justo y para sacar las plantas por lecho las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho F tomarás el largo de su junta en el arco A desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño lo galgarás con la línea 3 y la que se galgare será la línea F después tomarás el largo de la línea en blanco 4 desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño echarás en la línea F desde el punto 7 al punto 8 y a este dicho punto 8 tirarás la testa en viaje que ha de servir para el arco C desde el punto 9 de manera que entre los cuatro ángulos señalados con los números 7 8 9 10 quedará formada la dicha planta por lecho y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo

Aranda comienza su serie de trazas con la primera dificultad que se pudo encontrar un cantero, el arco de medio punto con una de las testas oblicua a la otra, que es perpendicular a las jambas [16]. Fiel a lo que proclama en el prólogo, *traza es toda cualquiera figura que en su distribución causare alteración de robos y estendimiento de linias y circunferencias*;⁸⁹ no será traza, y estará fuera de su libro, el simple arco de medio punto, que da por sabido e incluido entre los conocimientos básicos de cualquier cantero. Pero más allá de este primer nivel de obviedad, cualquier arco dificultoso merece ser explicado.

Este arco, como los dos siguientes, son variantes de un mismo problema. Se trata de arcos en los que la superficie característica, el intradós, es un cilindro recto, como en el arco de medio punto; la única dificultad viene dada porque los paramentos del muro en que se aloja el

⁸⁹ V. p. 10; cf. Juan GARCÍA BERRUGUILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría ...*, p. 99: «Supuesto el Arco de medio punto, passo à dâr regla à un Arco obliquo, ò aviage»; v. también Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, p. 83.

Figura 16. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 7.

Arco viaje contra cuadrado por testa

Plantas por cara y por lecho

arco no son perpendiculares al eje del cilindro. Martínez de Aranda contempla tres casos: una testa perpendicular al eje del cilindro de intradós y otra en un ángulo cualquiera, *Arco viaje contra cuadrado por testa*; dos testas simétricas respecto a un plano perpendicular al eje, *Arco disminuido por testa*; dos superficies paralelas entre sí formando un ángulo cualquiera respecto al eje, *Arco viaje contra viaje por testa*.

Esta primera *traza* no aparece en muchos textos de cantería, quizá porque algunos autores la consideraban elemental. Aparece en el *Libro* de Hernán Ruiz, resuelta *por robos* como vimos,⁹⁰ en el *Cuaderno* de Juan de Portor y Castro [17], que emplea la misma técnica que Aranda, en el *Tratado de Arquitectura Civil* del padre Tosca y en el *Traité de la coupe des pierres* de Jean Baptiste de la Rue.⁹¹ Sí encontramos «cortes» de la misma familia en Philibert de L'Orme, como la «Porte biaise par teste» y en los que Vandelvira recoge bajo las rúbricas «Arco Disminuido» y «Viaje por Testa».⁹² Tampoco es frecuente en la práctica; existe uno en la embocadura de la calle de la Concepción desde la Avenida de Jaime III en Palma de Mallorca, probablemente fruto de intervenciones urbanísticas de nuestro siglo.⁹³

Se trata de un arco con una testa perpendicular al eje del cilindro que define el intradós del arco y otra oblicua. En primer lugar se construye la testa recta, lo que no ofrece ninguna dificultad, pues equivale a trazar un arco de medio punto: se traza el semicírculo que define el arco y otro semicírculo paralelo que define la cara superior de las dovelas; y se dividen ambos semicírculos en tantas partes como dovelas haya de tener el arco, siempre en número impar.

A continuación se traza la proyección de este arco en la otra testa oblicua, de acuerdo con el procedimiento de la *difinition tercera* de esta primera parte.⁹⁴ Es decir, se bajan verticales desde las intersecciones de las juntas de testa con el intradós del arco, puntos **a**, **b**, etcétera, que

⁹⁰ V. p. 219 y ss. del Tomo I.

⁹¹ V. Hernán RUIZ EL JOVEN, *Libro de Arquitectura*, f. 47 v.; Thomas Vicente TOSCA, *Tratado de Arquitectura Civil, Montea y Cantería, y Reloxes*, p. 109 de la ed. de 1727; Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114, f. 2; y p. 219 y ss. del Tomo I de este trabajo; Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, p. 10.

⁹² Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 71 r. a 72 r.; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 19 r. y 19 v.; v. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 51-55.

⁹³ Martí LUCENA, et al., *Palma. Guía de arquitectura*, Palma de Mallorca, Colegio de Arquitectos, 1997, pp. 122-123.

⁹⁴ V. p. 22.

encontrarán a la línea **B** en los puntos **l**, **e**, etcétera. Aprovechando que el trazado es al mismo tiempo alzado y planta, estas verticales se continúan en planta, hasta encontrar la proyección de la testa en viaje, **D**, en la que dan lugar a los puntos **f**, **i**, etc. Si levantamos perpendiculares a **D** por estos puntos y en ellas vamos tomando alturas iguales a los segmentos **b l**, **a e**, etc., tendremos desarrollado el arco, **C**. Como veíamos en la *definición tercera*, este arco es un arco rebajado elíptico, aunque podemos entender a la luz de las *definiciones* primera y segunda⁹⁵ que Aranda lo va a trazar uniendo cada tres puntos con un arco de círculo.

El paso siguiente consiste en obtener las caras inferiores de las dovelas en verdadera dimensión para utilizarlas como *plantas por cara*. Aranda emplea para esto un sistema de abatimientos: hace girar el plano de la *planta por cara* con eje en la recta de punta que pasa por **b**. Como la arista inferior de la *planta por cara* está contenida en esta recta de punta, no se desplaza en el abatimiento y la podemos tomar sin más en la proyección horizontal como el segmento **i l** delimitado por las dos testas. Para hallar la imagen abatida de la recta de punta **a**, que sí se desplaza, toma la distancia **a b** (*tomarás el ancho de su bolsor en el arco A desde el punto a al punto b*) y la traslada sobre la recta **B** (*este tamaño lo galgarás con la linia c y la que se galgare será la linia E*) Es decir, está abatiendo con charnela en la recta de punta que pasa por **b** de manera que el abatimiento de la recta de punta que pasa por **a** es **E**.

Pero aquí se plantea un problema. Como estamos abatiendo con charnela en la recta de punta **b** y proyectando sobre el plano de impostas, el segmento de **b** que corresponde a la junta entre dovelas es exactamente el marcado en su proyección **c** por la proyección de las testas del arco. Pero no se puede asegurar lo mismo de la otra junta **a**, puesto que no constituye charnela. Al contrario, la longitud de la junta no será el segmento delimitado en **E** por los paramentos del muro en que se aloja el arco, sino el delimitado por estas testas en **d**, que es la proyección de la junta **a**.

Por tanto, tendremos que llevar la longitud de la junta, **e f**, sobre **E**, delimitando el segmento **g h**. Llegados a este punto, tenemos los cuatro ángulos de la planta por cara, **e f g h**, y no queda más que unirlos entre sí para obtener la *planta por cara* que buscábamos.

Esta sencilla construcción es el centro de toda la estereotomía renacentista de arcos. Aparece prácticamente sin diferencias en De L'Orme,

⁹⁵ V. pp. 17 - 27.

Arco viaje contra cuadrado por testa

Testas

Proyección de la Construcción de la 2

Figura 17. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de arquitectura.

Vandelvira y Aranda, y se irá repitiendo a lo largo de esta primera parte. Sobre esta base Aranda irá introduciendo con mayor o menor acierto variantes, adiciones y refinamientos, pero siempre alrededor del mismo esquema de **girar sobre la arista inferior de la dovela para obtener la recta abatida de la arista superior y llevar los extremos de la arista superior desde la proyección al abatimiento para construir los extremos de la arista superior y con ello cerrar la *planta*.**

El mismo proceso nos dará cualquiera de las *plantas por lecho*. Abatiremos con charnela en la recta de punta 2, que no se desplaza. Tomaremos la longitud del segmento 1 2 y lo llevaremos sobre la recta B obteniendo el segmento 7 10. El cuarto vértice no viene dado por la intersección de las rectas D y F como podríamos pensar; por el contrario, para obtenerlo llevaremos el segmento 5 6 desde la proyección de 1 sobre su abatimiento, la recta F, obteniendo así el segmento 7 8; con los cuatro vértices 7 10 8 9 tendremos definida la planta por lecho. Siguiendo el mismo método obtendríamos todas las *plantas por cara y por lecho*; como tenemos las plantas de ambas testas de las dovelas en A y C, disponemos de cinco de las seis caras de cada dovela y la labra no ha de encontrar dificultades con molduras o sin ellas.

Arco disminuido por testa

Para trazar este dicho arco disminuido por testa le formarás el arco A en semicírculo que sirve de juzgo para trazar lo demás y a este arco le bajarás los plomos que atraviesen los dos lados de la planta B y asimismo formarás el arco C que sirve de testa para los dos lados de la planta B y este dicho arco se ha de yndulcir con el altura que tuvieren los plomos en el arco A y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en cualquiera de los lados de la planta B conforme se hizo en la difinition tercera de esta primera parte figura O y para sacar las plantas por caras las sacarás galgando cada una con el ancho de su bolsor desde el plomo que bajo de la junta baja que venga a tener la dicha planta por el lecho alto el largo que tuviere el plomo que bajo de la junta alta del dicho bolsor entre los dos lados de la planta del arco señalados con la B conforme se hico en el arco viaje contra cuadrado por testa a 6 planas de este libro y para sacar las plantas por lechos las sacarás galgando cada una con el largo de su junta que tenga la dicha planta por el tardos lo

que tuviere de largo el plomo que bajo del tardos de la dicha junta entre los lados de la planta **B** conforme se hizo en el dicho arco viaje contra cuadrado por testa

Frente a la traza anterior, que resolvía el problema del arco con una testa oblicua respecto a la otra testa y las dos jambas perpendiculares entre sí, en este caso se aborda el del arco con las dos testas oblicuas pero simétricas respecto a un plano vertical perpendicular a las jambas [18]. No es un arco muy usual, pero puede encontrarse en la torre de Hércules de La Coruña, fruto de las reforma dieciochesca del viejo faro romano por Eustaquio Giannini; también existe un ejemplar en la catedral de León, pero la testa posterior está arruinada y no puede descartarse que se trate de un *Arco viaje contra cuadrado por testa*.⁹⁶

Como decíamos más arriba, en este arco se aplica un método idéntico al anterior. La única diferencia es que aquí las dos testas son oblicuas al eje del cilindro del intradós. No se dispone por lo tanto de una testa recta por donde iniciar la construcción como se iniciaba en el caso anterior. Pero el problema se ataca sin temor, del modo más directo: se comienza levantando una **sección recta del cilindro de intradós**, que Aranda denomina *juzgo*.

Este *juzgo* va a ser utilísimo; además de permitirnos desarrollar las testas oblicuas va a servir para construir las *plantas por cara y por lecho* y nos va a ayudar a desbastar la testa de la dovela. Pero vayamos por partes.

En primer lugar se construye el *juzgo*, trazando un arco de medio punto y dividiéndolo en tantas partes como dovelas haya de tener el arco. A continuación, el *juzgo A* se traslada a la testa oblicua, siempre de acuerdo con el procedimiento de la *definition tercera* de esta parte,⁹⁷ bajando verticales desde los extremos inferiores de las juntas de testa entre dovelas, que se prolongan, atravesando la planta, hasta encontrar la proyección de la testa oblicua al otro lado de la planta en viaje **B**; levantando segmentos perpendiculares **B** por estos puntos y tomando en cada uno de ellos alturas iguales a las cotas de los extremos de las juntas de testa sobre el plano de impostas tendremos desarrollado el arco, **C**. Como en el caso anterior, se tratará de un arco elíptico rebajado, que en la práctica se va a trazar como una sucesión de arcos de círculo.

⁹⁶ V. Esteban FERNÁNDEZ COVIÁN, *Guía de Arquitectura. A Coruña*, La Coruña, Colegio de Arquitectos, 1998, p. 88, y p. 41 de este trabajo.

⁹⁷ V. p. 22.

Figura 18. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 9.

Figura 19. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 19.

Juan de Portor y Castro

Figura 20. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de arquitectura, f. 1 v.

Arco disminuido por testa

En las *Difinitiones* primera y tercera de esta primera parte de los *Cerramientos* se obtenía el trasdós del arco transformado trazando perpendiculares al intradós y llevando sobre ellas el grosor de la rosca del arco original; como resultado el trasdós del arco transformado no era exactamente elíptico, pues no hay dos elipses iguales. En cambio, aquí el procedimiento para obtener el trasdós es el mismo que se usa para trazar el intradós, bajando plomos desde los vértices superiores de los tramos del *juzgo*, llevándolos hasta la intersección con la otra testa y levantándolos en perpendicular.

Es necesario para aplicar correctamente este procedimiento que las dos testas sean simétricas respecto a un plano perpendicular al eje del arco; en tal caso, como se cuida de decirnos Aranda, el desarrollo del arco *sirve de testa para los dos lados de la planta*. Si las dos testas no son simétricas respecto al plano perpendicular al eje del cilindro de intradós, sería necesaria una construcción algo más compleja que Aranda no incluye, como veremos en la *traza* siguiente.⁹⁸

Construidos el *juzgo* y el desarrollo de la testa podemos trazar las *plantas por cara y por lechos* como en la *traza* anterior. Aunque esta operación se podría realizar en el desarrollo C de la testa,⁹⁹ resulta más cómodo, directo y preciso realizar esta operación en el *juzgo* A. Así, se abate la junta de intradós superior tomando la cuerda de un tramo del arco de medio punto y se lleva dentro del plano del *juzgo* hasta el plano de impostas. Como en el caso anterior, esta junta de intradós no constituye charnela, por lo habremos de trasladar su verdadera magnitud desde su proyección en planta a su abatimiento, operación que esta vez hemos de realizar **a ambos lados de la planta**. Con esto tenemos los cuatro ángulos de la *planta por cara*; las *plantas por lecho* se obtienen del mismo modo.

La *traza* corresponde al «Arco Disminuido» de Vandelvira [19].¹⁰⁰ El procedimiento es prácticamente el mismo pero Vandelvira nos hace algunas observaciones interesantes. En primer lugar nos deja muy claro cuando se usa el arco: «sirve cuando acontece haber en un lado un pilar más grueso que en el otro y es necesario hacer un arco que corresponda a entrambos pilares». Por otra parte aclara que no es preciso ejecutar esta construcción

⁹⁸ V. p. 48.

⁹⁹ V. p. 76 y ss., donde se discute cómo Aranda introduce una construcción que permite obtener las *plantas por lecho y por cara* desde una proyección de la testa en un plano oblicuo a las generatrices del arco.

¹⁰⁰ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 19 r.; v. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 51-53; Carlos GORDO MURILLO, *Bóvedas oblicuas en cantería*, p. 79.

para la *planta por cara* de la clave: «La clave cae a plomo y así es la misma de la traza». En efecto, la *planta por cara* se puede considerar contenida en un plano, pues son los cuatro vértices lo que importa;¹⁰¹ y como la clave es simétrica respecto al eje longitudinal del arco las dos aristas largas de la *planta por cara* serán horizontales, y con ellas el plano que contiene la *planta*. Como consecuencia, la proyección diédrica representa la *planta por cara* en verdadera magnitud y no es preciso realizar abatimiento alguno. La construcción del desarrollo de la testa, o *cimbria* para Vandelvira, se describe en la «Declaración de la cimbria del arco viaje por testa»,¹⁰² donde nos dice que «esta cimbria será regla general para todas las cimbrias que se ofrecieren de arcos»; esto nos indica una cierta capacidad de generalización en Vandelvira; en cambio Aranda, por razones didácticas, representa la construcción de todas las *cimbrias* que emplea para la labra de las dovelas de estos arcos.

Arco viaje contra viaje por testa

Para trazar este dicho arco viaje contra viaje por testa formarás el arco **A** en semicírculo que sirve de juzgo y asimismo formarás el arco yndulcido **B** que sirve de testa para los dos lados de la planta **C** y este dicho arco **B** se ha de yndulcir con el altura que tuvieren los plomos en el arco **A** y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en cualquiera de los lados de la planta **C** como se hizo en la tercera difinition de esta primera parte figura **O** y las plantas por caras y por lechos de este dicho arco se han de sacar conforme se hizo en la testa en viaje del arco viaje contra cuadrado por testa a **6** planas de este libro y si este dicho arco por tener tanto viaje hiciere algún género de garrote la primera junta subirás la primera planta fuera de su simetría la veintena parte del ancho de su bolsor que será hasta el punto (**cruz**)

En este arco, las dos testas son oblicuas respecto a las jambas, como en el anterior, pero en lugar de ser simétricas respecto al plano medio del arco, son paralelas entre sí [21]. En principio, tanto da decir que las testas son oblicuas a las jambas como que las jambas son oblicuas a las testas; el problema es el mismo que se trata de resolver unas *planas* más allá con los

¹⁰¹ V. p. 27 donde se discute que no es el desarrollo del arco lo que se busca, sino el de los vértices de las dovelas.

Figura 21. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 10.

Arco viaje contra viaje por testa

arcos *viaje contra viaje por cara*, de los que más adelante se analizan cuatro variantes.¹⁰³ Pero la diferencia estriba en que aquí se opera en un plano perpendicular a las jambas, mientras que en los otros casos se trabajará en el plano de las testas.

La *traza* corresponde en líneas generales a la «Porte biaise par teste» de Philibert de L'Orme [23], al primer «Arco viaje contra viaje» de Cristóbal de Rojas [26] y al «Viaje por Testa» de Vandelvira [24],¹⁰⁴ que nos dice: «Si has entendido la pasada, por ella entenderás ésta, y si no por esta entenderás esotra». En efecto, se trata la tercera variante del mismo tipo de arcos, íntimamente relacionado con los anteriores, el *Arco viaje contra cuadrado por testa*, y el *Arco disminuido por testa*, equivalente a la «esotra» de Vandelvira, el «Arco Disminuido».

El procedimiento es por lo tanto idéntico a los que acabamos de describir. Trazamos un arco de medio punto para que sirva de *juzgo* a partir del cual vamos a obtener el desarrollo de las testas del arco. Como en el caso anterior nos basta con una testa; aquí no hay simetría, pero se puede obtener una embocadura de otra por traslación. Después de desarrollada esta testa **B**, también de acuerdo con la *difinition* tercera, podemos obtener las *plantas por cara* abatiendo en el plano del *juzgo* la junta de intradós superior de una dovela, bajándola a la horizontal y llevándola hasta la planta paralelamente a las generatrices del arco, con lo que tenemos la recta que contiene a la arista abatida. Los vértices de la *planta por cara* los obtendremos trasladando la proyección de la arista superior de la dovela hasta el abatimiento **perpendicularmente a las generatrices del arco**, pues la charnela es una de estas generatrices, y los extremos de la arista se mueven perpendicularmente a la charnela; como en el caso anterior, es

¹⁰² Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 20 r.

¹⁰³ V. p. 67 y ss.

¹⁰⁴ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f 71 r. a 72 r.; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 19 v.; Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 99 v. Para Vandelvira, v. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 54-55; ha de tenerse en cuenta que este autor, por motivos didácticos, no expone la construcción de Vandelvira para este arco, sino una posible construcción *por robos*. Para Rojas, v. José CALVO LÓPEZ, «Los trazados de cantería en la 'Teórica y práctica de fortificación' de Cristóbal de Rojas», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 68-69. V. también P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 153-161; Thomas Vicente TOSCA, *Tratado de Arquitectura Civil, Monte y Cantería, y Reloxes*, tratado XV, pp. 113-114 de la ed. de 1727; Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, p. 17, Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, p. 133, que exponen una solución más evolucionada y económica, y Juan GARCÍA BERRUGILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, Madrid, Francisco Mojados, pp. 99-100.

preciso realizar esta construcción en ambas testas del arco. Por análogo procedimiento obtendremos las *plantas por lecho*.

Como nos aclara Vandelvira, «así plantas como saltarreglas sirven las de un cabo al otro, vueltas lo de arriba abajo».¹⁰⁵ En efecto, una mitad del arco se puede obtener por transformación de la otra mitad a través de dos simetrías, una por el plano vertical que pasa por el eje del arco y otra por un plano vertical perpendicular al anterior; la composición de estas dos simetrías equivale a un giro de ciento ochenta grados, y por tanto la misma plantilla, por la misma cara, sirve para labrar dos dovelas.

Los arcos esviados aparecen gradualmente en el último gótico valenciano. El arco que se construyó en la desaparecida capilla de los Inocentes del Hospital de Valencia, construida en 1440 por Francesch Baldomar, tenía «su jamba de la parte de dentro vuelta hacia la sacristía»;¹⁰⁶ el año siguiente Baldomar comienza a realizar el imponente «Portal del Camí de Quart» de los muros de Valencia basándose en bóvedas esviadas, con la clara justificación de resolver con limpieza geométrica el encuentro oblicuo entre el camino y la muralla. En 1458 comienza las obras de ampliación de la Catedral, que dan como resultado la crujía de los pies, donde encontramos dos piezas en esviaje, las bóvedas por arista de planta trapezoidal del pasadizo de acceso al Micalet y unas ventanas apuntadas de juntas paralelas a las jambas que ya se aproximan a este *Arco viaje contra viaje por testa*.¹⁰⁷

Las soluciones basadas en arcos de medio punto aparecen casi simultáneamente en Valencia y unos años después en Valladolid.¹⁰⁸ Pero la *traza* que estamos examinando presenta dos inconvenientes, que los tracistas del Renacimiento hispánico y francés se esforzaron en resolver con diversos artificios. Como en el caso anterior, el *juzgo*, esto es, la sección recta del cilindro de intradós, es circular; por lo tanto también lo es el

¹⁰⁵ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 19 v.

¹⁰⁶ Cláusula octava del contrato de la capilla: «son revolt de part de dins engangit per a la sagristía». Cit. Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos...», p. 99.

¹⁰⁷ Felipe María GARÍN ORTIZ DE TARANCO, «Una posible escuela hispanolevantina de crucerías anervadas», en *Homenaje al profesor Cayetano de Mergelina*, Murcia, Universidad, pp. 436, 437; Daniel BENITO GOERLICH, et al., «Valencia», *La España Gótica. Valencia y Murcia*, Madrid, Encuentro, 1989, pp. 270, 278, 370-373; Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, pp. 99, 100, 102.

¹⁰⁸ V. p. 68.

Figura 22. Arco en la iglesia de San Francisco de Palencia.

Figura 23. Philibert de L'Orme, Le Premier tome de l'Architecture, f. 72.

Figura 24. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 19 v.

Figura 25. François Derand, L'architecture des voutes.

Figura 26. Cristóbal de Rojas, Teórica y práctica de fortificación, f. 99 v.

Figura 27. Amedée-Louis Frézier, Traité de stéréotomie, t. II, lám.36.

cilindro. Las testas, que son oblicuas al eje del cilindro, tendrán forma de arco rebajado elíptico.¹⁰⁹ En palabras del padre Tosca,

hay cilindros que son esencialmente, y por su naturaleza rectos; y otros que por su naturaleza son oblicuos. Cilindros circulares esencialmente rectos, son aquellos que si se cortan con un plano recto, o perpendicular a su eje, la sección que resulta es círculo, tengan dichos cilindros, o no tengan basa circular [...] Cilindros circulares esencialmente oblicuos son aquellos, que aunque tengan la basa circular, la sección recta al eje no es círculo [...]¹¹⁰

Para evitar esto y conseguir que los arcos de las testas sean de traza circular hay varias soluciones que se recogen más adelante, entre los arcos *viaje contra viaje por cara: Arco viaje contra viaje por cara por plantas*, del que se dan dos versiones en función de la disposición de los planos de lecho y el reparto del dovelaje; *Arco viaje contra viaje por cara por robos*; y *Arco viaje contra viaje por cara fuera de simetría*.¹¹¹

El otro problema es que las juntas entre dovelas próximas a la clave son sensiblemente oblicuas a la directriz del arco. Esta no es la disposición constructiva ideal, pues los empujes se descomponen en un vector perpendicular al plano de junta y otro paralelo; por tanto no se aprovecha toda la magnitud del esfuerzo axial para mantener unidas las dovelas y, lo que es peor, a la componente paralela al plano de junta sólo se opone el rozamiento entre dovelas.¹¹²

Aranda no sólo es consciente del problema y sus consecuencias, sino que intuye que cuanto más esviado sea el arco más graves serán los efectos: *y si este dicho arco por tener tanto viaje hiciere algún género de garrote*,¹¹³ es decir, si se desplazase una dovela sobre otra. La solución que propone para

¹⁰⁹ V. Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 208-209, 216, y «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, pp. 284-285, sobre este problema en una *decenda de cava* delormiana; Carlos GORDO MURILLO, *Bóvedas oblicuas en cantería*, pp. 75-76.

¹¹⁰ Thomas Vicente TOSCA, *Tratado de Arquitectura Civil, Montea y Cantería, y Reloxes*, tratado XV, p. 109 de la ed. de 1727.

¹¹¹ V. pp. 76, 67 y 82, y Joël SAKAROVITCH, «Le fascicule de stéréotomie: entre savoir et métiers, la fonction de l'architecte», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, p. 353; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 70; Enrique RABASA DÍAZ, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, p. 147; «Arcos esviados y puentes oblicuos. El pretexto de la estereotomía en el siglo XIX», *OP*, 1996, p. 34.

¹¹² V. Enrique RABASA DÍAZ, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, p. 147; «Arcos esviados y puentes oblicuos. El pretexto de la estereotomía en el siglo XIX», *OP*, 1996, p. 34; v. también Santiago HUERTA FERNÁNDEZ, *Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España ca. 1500 - ca. 1800*, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1990, pp. 41-42, 62, 66, 72.

¹¹³ V. Carlos GORDO MURILLO, *Bóvedas oblicuas en cantería*, pp. 51 y ss., 73; Francisco Javier JIMENEZ ZORZO, et al., «El Estudio de los signos lapidarios y el Monasterio de Veruela ...», pg 60.

ello se relaciona con el *Arco viaje contra viaje por cara fuera de simetría*, que veremos más adelante.¹¹⁴

En general es difícil distinguir estos arcos de embocaduras elípticas de los arcos de embocaduras circulares que siguen el método del segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*¹¹⁵ pues cuando el esviaje es fuerte se acude por lo general a esta segunda solución o a la de planos de lecho perpendiculares a las testas,¹¹⁶ y cuando es débil, los dos ejes de la semielipse son de magnitudes casi iguales, por lo que no es fácil distinguirlos de un arco de testa semicircular sin un realizar un levantamiento fotogramétrico que saldría fuera del ámbito de este trabajo. Sin embargo, se pueden distinguir a simple vista o sobre fotografías convencionales arcos rebajados en la capilla de La Espina en el monasterio del mismo nombre, o en los laterales de los grandes arcos que dan acceso a la Plaza Mayor de Madrid, es decir, los que resuelven el encuentro de las arcadas de la plaza con los arcos de acceso a las calles; también presenta un ligero achatamiento un arco en el pórtico de San Sebastián de Soreasu de Azpeitia, probablemente fruto de la reforma de Ventura Rodríguez en el siglo XVIII. En ocasiones el carácter rebajado del arco no es un inconveniente y se busca deliberadamente; el caso más elocuente es un arco escarzano esviado en San Francisco de Palencia, hoy ciego [22].

Decíamos al principio que la *traza* de Aranda corresponde sólo aparentemente a las de De L'Orme y Vandelvira; el problema es el mismo, el aparato geométrico empleado para resolverlo también; pero hay variaciones importantes en el empleo que se hace de estas armas geométricas. De L'Orme sólo traza las plantillas de testa, que vienen dadas por el alzado del arco, y las de lecho;¹¹⁷ Vandelvira traza las de testa, las de intradós y dos lados de las de lecho, las «saltarreglas».¹¹⁸ Aranda, en cambio, busca construir todas las plantillas para obtener la mayor precisión posible.

Estas diferencias tienen sus consecuencias en la labra. Siguiendo a De L'Orme, con las plantillas de testa y lecho podemos obtener primero una envolvente de la dovela basándonos en el *juzgo* que tendrá materializados

¹¹⁴ V. p. 82.

¹¹⁵ V. p. 76.

¹¹⁶ V. p. 67.

¹¹⁷ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f 71 r. a 72 r.; en cualquier caso, debe tenerse en cuenta que más adelante, f. 74 v., dice: «voutes ... biaises (ou ie n'ay monstré qu'à leuer les panneaux de ioinct qui seruent à trasser les pierres au droict des commisures, pour autant que ceux de doile se leuent de mesme sorte)» Es decir, que la decisión de utilizar más o menos plantillas parece depender del criterio del ejecutor y las circunstancias del caso.

los planos de lecho reales y el plano que pasa por las dos juntas de intradós, pero faltará todavía cortar las testas oblicuas y obtener la superficie curva del intradós; aplicando las *plantas por lecho* sobre sus caras respectivas podemos trazar sus juntas de testa y labrar el plano de testa, apoyando una regla sobre las dos juntas para comprobar el resultado. Hecho esto, podemos trazar la plantilla de testa sobre su plano, que incluye la curva del intradós, que podemos utilizar para labrarlo y terminar la talla de la dovela.

Vandelvira y Rojas no nos ofrecen *plantas por lecho* completas, sino *saltarreglas* que representan las juntas de testa y el ángulo que forman con las de intradós; a cambio, disponemos de plantillas de intradós. Podemos comenzar obteniendo una envolvente de la dovela a partir del *juzgo* como antes, pero ahora disponemos de una *planta por cara* que podemos trazar sobre el plano definido por las dos juntas de intradós; del mismo modo aplicamos las *saltarreglas* sobre los planos de lecho, y a la hora de cortar las testas tendremos marcadas tres de sus aristas, lo que permite trabajar con más precisión. A continuación podemos materializar la superficie curva del intradós, trazando la *planta* de testa sobre su plano.

Con los instrumentos de labra que nos ofrece Aranda podemos seguir el mismo método, si bien disponemos de *plantas por lecho* completas y no sólo *saltarreglas*, lo que nos permite obtener mayor precisión en el trasdós. También podemos abordar la labra por una vía diferente, labrando todas las caras al mismo tiempo y acercándonos a la forma definitiva por incrementos graduales; pero como advierte Philibert de L'Orme en otra ocasión, éste es un método que requiere gran pericia por parte del cantero y cualquier error o exceso de labra en una cara hará que se resulte inútil la dovela a medio labrar.¹¹⁹

Cabe preguntarse porqué no contempla Aranda el caso general de este grupo de arcos, el de dos superficies formando ángulos cualesquiera respecto al eje, como se hace por ejemplo en el *Arco por esquina y por rincón de lados y ángulos desiguales*. La respuesta puede venir considerando que el procedimiento de Aranda es un procedimiento ante todo **geométrico** y que se basa sobre todo en **abatimientos**. En los tres casos Aranda dibuja un arco de medio punto que le sirve de *juzgo* a un lado de la planta; y en el otro lado de la planta dibuja el arco rebajado que resulta de la intersección del cilindro del intradós con un plano oblicuo. En los tres casos que contempla

¹¹⁸ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 19 v.

¹¹⁹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 99 r.; v. también p. 240 y ss. del Tomo I de este trabajo.

Aranda resuelve el problema con **un** arco rebajado, puesto que en el *Arco viaje contra cuadrado por testa* hay un solo arco rebajado, y en los arcos *disminuido por testa* y *viaje contra viaje por testa* hay dos arcos rebajados iguales con lo que le basta con un solo abatimiento. Pero el arco con dos planos formando ángulos cualesquiera con el eje del cilindro le obligaría a realizar **tres** abatimientos, y no tendría sitio material donde realizarlos si no es a costa de «entoscar la traza».

En cualquier caso, estamos ante una nueva manifestación de ese carácter didáctico, basado más en la enumeración *en infinito*¹²⁰ que en el estudio del caso general, que es especialmente acusado en Aranda; en este grupo de arcos De L'Orme incluye uno, la «Porte biaise par teste», Vandelvira dos, el «Arco Disminuido» y Aranda, como vemos, tres: el *Arco viaje contra cuadrado por testa*, el *Arco disminuido por testa* y el *Arco viaje contra viaje por testa*.

Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos

Para trazar este dicho arco viaje contra cuadrado por lado y por robos le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve de testa para el lado ancho de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** en semicírculo que sirve de testa para el lado angosto de la planta **D** y para robar las piezas de este dicho arco las robarás de esta manera supongo que quieres robar el bolsor **E** lo labrarás primero de cuadrado con la forma que parece entre los cuatro puntos **1 2 3 4** que tenga de grueso lo que tuviere de ancho la planta y después la robarás por la testa que mirare al arco pequeño **C** con el robo que parece entre los números **1 2 5 6** que venga a quedar la cara por el lecho bajo con las saltarreglas que causare en los lados de la planta la línea **F** y venga a quedar la cara por el lecho alto con las saltarreglas que causare en los lados de la planta la línea **G** y de esta manera se han de robar todas las demás piezas de este dicho arco.

Aquí nos encontramos con el tradicional «corne de boeuf» o «cuerno de vaca»:¹²¹ el problema del arco con una jamba oblicua a la otra jamba y las

¹²⁰ V. p. 17.

¹²¹ La denominación francesa «corne de vache» o «corne de boeuf» pasa relativamente tarde a los tratados españoles. V. Thomas Vicente TOSCA, *Tratado de Arquitectura Civil, Monte y Cantería, y Reloxes*, tratado XV, pp. 137-138 de la ed. de 1727, para el que el arco es «aviajado por sola una parte»; Amédée-François

Figura 28. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 11.

Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos

dos testas [28]. Con esto pasamos a un terreno bien diferente, el de los arcos *en viaje por lado*; es decir, aquellos en los que no son las testas del arco las que son oblicuas, sino las **jambas**. A menos que las dos jambas sean paralelas - y en ese caso el eje del arco paralelo es las jambas y el problema se relaciona con el *Arco viaje contra viaje por testa* que acabamos de ver - el intradós del arco no podrá ser cilíndrico. Cuando son divergentes, caben dos soluciones: la tradicional, empleada por Aranda, se basa en disponer las juntas de lecho como un haz de planos que tiene por eje una recta perpendicular a las jambas, lo que le conduce a obtener como intradós una superficie reglada alabeada; Alonso de Vandelvira ofrece un método alternativo en el que la superficie de intradós es cónica, lo que presenta ventajas, como veremos, pero también algunos inconvenientes que probablemente son los que motivan que Aranda y Cristóbal de Rojas renuncien a emplearla.

Encontramos varios ejemplos de esta pieza en la arquitectura española del siglo XVI, como el arco de San Alvito en la girola de la catedral de León, de 1527; los arcos de acceso a la torre y al claustro en la catedral de Palencia, de Gaspar de Solórzano, el segundo de ellos de 1535; uno que comunica los ábsides laterales y el presbiterio en el monasterio cisterciense de La Espina, al que estuvo ligado Caramuel, construido entre 1546 y 1558; y el arco de acceso a la nave de la izquierda desde el pórtico de San Sebastián de Soreasu en Azpeitia.¹²² La pieza puede aparecer no sólo por irregularidades en planta o por capricho, sino también fruto de una simetría dual, como en la espléndida pareja de la portada de la catedral de Santo Domingo de La Española [29],¹²³ lo que también sucede en el *Arco en torre cavada viaje por testa*, como veremos más adelante.¹²⁴

FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, p. 267; Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, pp. 497-498.

¹²² Para León, María Dolores CAMPOS SÁNCHEZ-BORDONA, *Juan de Badajoz y la arquitectura del Renacimiento en León*, León, Universidad, 1993, pp. 78, 313-333. Es curioso constatar que la autora menciona el abocinamiento del arco, pero no el esviaje. Para Palencia, Rafael NAVARRO GARCÍA, et. al., *Catálogo monumental de la provincia de Palencia*, Palencia, Imprenta provincial, 1946, fascículo IV, pp. 191-192; José María CAMÓN AZNAR, *La arquitectura y la orfebrería española del siglo XVI*, p. 80; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1990, pp. 68-69. Para La Espina, *ibid*, p. 69.

¹²³ Ramón GUTIÉRREZ, *Arquitectura y urbanismo en Iberoamérica*, Madrid, Cátedra, 1983, p. 15 de la ed. de 1992; Juan Carlos HERNÁNDEZ NUÑEZ, y Ramón María SERRERA CONTRERAS, «Andalucía y la huella del Renacimiento en Indias», *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, p. 264.

¹²⁴ V. p. 99 y ss.

Como en otros muchos casos, el problema se puede abordar **por robos** o por el **procedimiento directo**,¹²⁵ que Martínez de Aranda llama *por plantas al justo*. En general el procedimiento por robos, basado en proyecciones ortogonales, es de menor complejidad geométrica pero exige al menos desbastar una pieza prismática para después sacar de ella la dovela, tallando las seis caras.

En cambio el procedimiento directo, basado en abatimientos, es más complejo de traza pero permite ahorrar trabajo y material en la labra de la pieza. Como vimos, el procedimiento directo permite a los «buenos maestros» evitar la «gran pérdida de piedras» que produce el procedimiento *por robos*¹²⁶ y, de paso, distinguirse de los que no son tan buenos maestros y no dominan las dificultades de una técnica que además estaba en evolución rápida. En este caso el procedimiento directo es muy complejo debido al alabeo de las caras de intradós, por lo que no es de extrañar que Martínez de Aranda ofrezca antes el procedimiento por robos con la doble intención de ofrecer una solución para canteros menos experimentados, los *medianos ingenios* a los que se refiere en el prólogo de los *Cerramientos* y al mismo tiempo, ir preparando al lector para comprender la solución por el procedimiento directo que da a continuación.

En cambio el procedimiento *por robos* es relativamente sencillo gracias a la forma en que se trazan las juntas de testa, aprovechando que en este caso las dos testas del arco son de medio punto. Simplemente, las juntas entre dovelas constituyen un **haz de planos** que tiene por **recta común** el eje del arco de medio punto menor C y se representan como planos de canto por los segmentos 2 3, 1 4, etcétera. Evidentemente las juntas no convergen en el eje del arco mayor A, pero esto no parece preocupar a Aranda. Como ha señalado Rabasa, la alternativa a esta solución que ofrece Alonso de Vandelvira es dividir ambas testas en el mismo número de segmentos iguales, lo que da una superficie de intradós cónica, pero se produce un **empuje al vacío** en las zonas próximas a la clave.¹²⁷

¹²⁵ V. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 18-20; denomina al procedimiento directo «por baibel».

¹²⁶ Philibert de L' ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f 73 v.: «Si vous voulez, vous pouuez faire telles voutes de portes par equarrissement, [...] sans vous ayder des panneaux [...] Mais en cela il y a grande perte de pierres, qui fait que les bons maistres se seruient du panneau, lequel ils mettent tout autour des pierres [...] & font equarrir leurs pierres avecques le buveau [...]». Cf. P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 1: «l'art des traits, & coupe des voûtes, ne fait comme point d'estat des operations qui s'executent par esquarrissement, au prix de celles qui employent les panneaux».

¹²⁷ Enrique RABASA DÍAZ, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, p. 150.

Figura 29. Fachada de la Catedral de Santo Domingo de La Española.

Figura 30. Jean Baptiste de la Rue, Traité de la coupe des pierres, f. 27.

Figura 31. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de arquitectura.

Figura 32. Amedée-Louis Frézier, *Traité de stéréotomie*, t. II, lám.29.

Como las juntas de lecho son planos de canto, la dovela estará contenida en un **sólido capaz** delimitado por los planos de las dos testas de la dovela, los planos de las juntas de lecho y los segmentos de cilindro resultado de proyectar **el intradós del arco menor y el trasdós del mayor** perpendicularmente a los paramentos.

Desbastando este sólido capaz (*lo labrarás primero de cuadrado con la forma que parece entre los cuatro puntos 1 2 3 4 que tenga de grueso lo que tuviere de ancho la planta*) tenemos una primera aproximación a la forma de la dovela. Para darle su forma definitiva habrá que quitar dos cuñas; Martínez de Aranda sólo menciona la situada entre el intradós real 1 5 6 2 y su proyección en planta (*después la robarás por la testa que mirare al arco pequeño C con el robo que parece entre los números 1 2 5 6*), pues como en tantas otras ocasiones la ejecución exacta del trasdós parece preocuparle muy poco.

Para facilitar este *robo* Aranda construye el ángulo que forma el segmento 2 6 con la recta de punta 2 abatiendo 2 6 con charnela en la recta de punta 2. En la copia del Servicio Histórico Militar faltan dos letras en la figura 20, asociada a este corte, por lo que el significado de lo que sigue es confuso. Sin embargo, comparando este arco con el *viaje contra viaje por cara por plantas y por robos* que aparece tres planas más adelante podemos deducir que las líneas F y G son las que marcamos como Φ y Γ respectivamente.

El punto 2 pertenece a la charnela, por lo que su abatimiento será su proyección horizontal 2', mientras que el punto 6 abatido estará sobre la línea B a una distancia 2 6 de la proyección de 2' sobre B; uniendo 2' con el punto 6 abatido obtendremos la *salta regla* G, o Γ en nuestro dibujo, que corresponde a la cara de lecho superior de la dovela; por el mismo procedimiento obtendremos la otra *salta regla* F, o Φ , correspondiente a la cara de lecho inferior.

Una vez materializado el plano definido por los tres puntos 2 6 3 podemos realizar la tirada 2 6 basándonos en el ángulo que forma con la recta de punta 2, que no es otro que el que forma la línea G, o Γ , con una línea perpendicular a las testas del arco. Del mismo modo, después de materializar el plano 1 5 4 podemos realizar la tirada 1 5 con ayuda de la *salta regla* F, o Φ . A partir de ahí quitaremos material hasta materializar la superficie de intradós, de la que conocemos los puntos 1 2 5 6, para lo cual podemos utilizar una regla aprovechando que la superficie de intradós es una reglada, aunque alabeada.

Es posible que la *traza* fuera conocida en la Edad Media, pues está muy relacionada con la «vosure besloge» de Villard de Honnecourt, que examinaremos más adelante, pero aparece por primera vez indirectamente en la «Porte biaise & quarré par les deux costez» de Philibert de L'Orme¹²⁸ que pretende resolver el problema del arco de planta romboidal, es decir, el del *Arco viaje contra viaje por testa* que acabamos de analizar, pero lo hace mediante dos *arcos viaje contra cuadrado por lado* dispuestos espalda con espalda, como dos hojas de un muro, y emplea un procedimiento muy similar al de Aranda, con la diferencia de que las *saltrarreglas* no se disponen en la vertical de la dovela que representan, sino agrupadas en la jamba, con lo que De L'Orme se evita tener que bajar los *plomos* o verticales correspondientes a cada dovela.¹²⁹

Alonso de Vandelvira aborda el problema por un camino completamente diferente [34], pues divide las dos testas en el mismo número de dovelas iguales, de tal manera que una se puede obtener por proyección de otra; las rectas que unen los puntos correspondientes en una y otra, esto es, las juntas de intradós, convergen en el centro de proyección y son generatrices de un cono con vértice en este centro materializado por el intradós. La solución presenta como ventajas la regularidad de las testas y el carácter de superficie reglada desarrollable del cono de intradós, que facilita la labra *por plantas*, pero también dos inconvenientes: los planos de lecho tienen por eje una recta común que pasa por el vértice del cono y los centros de los dos arcos, por lo que es oblicua a las testas, lo que no permite apoyar la escuadra en la cara de testa para materializar los planos de lecho. Por otra parte el procedimiento, tal como lo expone Vandelvira, se basa en obtener la segunda y sucesivas juntas de intradós no directamente, sino en función de triángulos que tienen por base la junta de intradós inferior; además de laborioso, el procedimiento está expuesto a ir sumando los errores que se comenten al obtener cada junta de intradós

A pesar de sus innegables ventajas, estos inconvenientes debieron de llevar a Cristóbal de Rojas, que apreciaba y recomendaba a Vandelvira y debía de conocer bien el *Libro de trazas de cortes de piedras*, a descartar la solución; en la *Teórica y práctica de fortificación* vuelve a la solución francesa medieval de repartir el dovelaje según planos de canto. Esto facilita la labra *por robos* ya que podemos apoyar la escuadra en la cara de testa para

¹²⁸ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 69 v. a 70 v.

¹²⁹ Este recurso se hará tradicional en Francia. V. Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, p. 27.

materializar los planos de lecho, pero a costa de obtener como intradós una superficie reglada alabeada, lo que determina que los cuatro vértices de la cara de intradós de una dovela no estén en el mismo plano.

Sin embargo, en lugar de agrupar las *saltrarreglas* junto a las jambas baja *plomos* desde sus extremos hasta intersectar las testas. Sorprende este rasgo en un «corte» que lleva al límite el principio de economía de los trazados, pues ni siquiera se molesta en dibujar el trasdós, y cabe pensar que se debe a una intención didáctica.¹³⁰ La solución de Aranda, como otras veces, sigue de cerca a Rojas: reparte el dovelaje por planos de canto, baja *plomos* hasta intersectar las testas, muy en consonancia con su espíritu didáctico y sólo se diferencia del «corte» de la *Teórica y práctica de fortificación* en que sí dibuja el trasdós. En cambio, los manuscritos de Alonso de Guardia y Juan de Portor y Castro [31], próximos a Rojas y Aranda en otras muchas cosas, emplean aquí la solución francesa, agrupando las *saltrarreglas* en las jambas, cosa que también hace Tosca, como era de esperar.¹³¹

Frézier, en su intento de evitar los rasgos que llamaba «irregulares», señala varias desventajas de la solución tradicional: si las dovelas son iguales en una testa no pueden serlo en la otra; la clave de uno de los arcos no está en el centro del vano; las juntas de testa no son radiales en uno de los arcos y por tanto, no pueden ser perpendiculares al intradós, que mecánicamente es lo más aconsejable; y sobre todo, si se quiere evitar que la superficie de intradós sea alabeada y se dispone con forma cónica, los planos de lecho no pasan por el vértice del cono y las juntas de intradós son elípticas.¹³² Este análisis le lleva a proponer tres soluciones [32]: la tradicional, es decir, la de Philibert, Rojas, Aranda, Jousse y Derand [30], que expone con reticencia y de la que señala que su única ventaja es que se presta a una ejecución sencilla *por robos*; una «Nueva manera de hacer el cuerno de vaca por plantillas», basada en cortar por planos de canto una superficie de intradós cónica, lo que le lleva a obtener juntas de intradós elípticas, si bien no obtiene *plantas por cara* porque a pesar de ser desarrollable el intradós, la elección de las juntas hace que los cuatro vértices de la cara de intradós de

¹³⁰ José CALVO LÓPEZ, «Los trazados de cantería en la 'Teórica y práctica de fortificación' de Cristóbal de Rojas», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp. 70-71.

¹³¹ Alonso de GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería* (Manuscrito c. 1600. Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori ...*, Libro II, Venecia, 1566, Madrid, Biblioteca Nacional, ER/4196, f. 71 v.); Thomas Vicente TOSCA, *Tratado de Arquitectura Civil, Monte y Cantería, y Reloxes*, tratado XV, pp. 137-138 de la ed. de 1727; Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708 (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114, f. 1 v.).

¹³² Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, p. 266-267.

la dovela no sean coplanares; y una tercera derivada de la «Canonière biaise», esto es, el *Arco abocinado viaje por cara*, en la que reparte el dovelaje en partes iguales en ambas testas, con lo que puede disponer el intradós como superficie cónica y tomar las generatrices como juntas de intradós, tal como hacía Vandelvira.¹³³

También es interesante comparar el procedimiento con el empleado en otras trazas *por robos*, como por ejemplo el *Arco en rincón de caustria* o el *Corredor volado sin columnas formado de arcos por arista por robos*, el «Arco torre cabado y redondo por robos» de Vandelvira, o una *traza* de Hernán Ruiz relacionada con la *difinition tercera* de esta primera parte del manuscrito de Aranda.¹³⁴ En estas últimas el sólido capaz es un prisma rectangular de lados horizontales y verticales; en cambio, en la *traza* que estamos comentando, parece claro que Aranda parte de un prisma irregular de base mixtilínea: *lo labrarás primero de cuadrado con la forma que parece entre los cuatro puntos 1 2 3 4*; además las *saltaarreglas* se construyen específicamente para ser empleadas sobre los lados oblicuos de tal prisma mixtilíneo. Sin duda, Aranda utiliza esta variación sobre el método *por robos* tradicional para reducir la «gran pérdida de piedras» que provoca el empleo del prisma ortogonal.

Arco en viaje contra cuadrado por lado y por plantas al justo

Para trazar este dicho arco viaje contra cuadrado por plantas al justo le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve de testa para el lado ancho de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** en semicírculo que sirve de testa para el lado angosto de la planta **D** y circundarás la circunferencia en blanco **E** que sirve de juzgo para sacar las plantas por lechos las cuales dichas plantas por lechos sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **F** tomarás en su junta lo que desvía el arco **A** de la circunferencia **E** desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño desviarás desde el punto **c** al punto **d** y a este dicho punto

¹³³ Amédée-François FRÉZIER, *ibid.*, t. II, p. 267-271. Es revelador confrontar este pasaje con Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, pp. 497-498, que sigue a Frézier pero sólo expone la solución convencional, y por supuesto ignora completamente la solución de Vandelvira. V. al respecto Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Estudio crítico», en Benito BAILS, *De la arquitectura civil*, Murcia, Colegio de Aparejadores, 1983, pp. 92-94.

d tirarás la cara de la dicha planta por lecho F desde el punto e y con esta dicha línea y con los lados de la planta B D quedará formada la dicha planta por lecho como parece entre los cuatro ángulos d e f g y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lecho para plantarlas al justo y las plantas por caras se han de sacar de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara G tomarás el largo de la línea F desde el punto d al punto e y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 1 y con la otra tocarás en el plomo que bajo de su junta más alta en el punto 2 y por este dicho punto 2 tirarás la línea en blanco que sirve de juzgo 3 que haga ángulo recto con la línea de su junta baja 4 después tomarás el ancho de su bolsor en el arco A desde el punto 5 al punto b y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 6 y con la otra tocarás en la línea en blanco 3 en el punto 7 y a este dicho punto 7 tirarás la testa de la dicha planta por cara que sirve para el dicho arco A desde el punto 6 y después formarás la dicha planta de suerte que tenga de largo desde el punto 7 al punto 8 lo que tuviere de largo la cara de la planta por lecho F desde el punto d al punto e y tenga de largo la dicha planta desde el punto 6 al punto 9 lo que tuviere de largo la cara de la planta por lecho H desde el dicho punto 9 al punto 10 y tenga de ancho la testa contraria desde el punto 8 al punto 9 lo que tuviere de ancho su bolsor en el arco C desde el punto 11 al punto 12 y con estos dichos tamaños quedará formada la dicha planta por cara como parece entre los cuatro ángulos señalados con los números 6 7 8 9 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo

Como hemos adelantado, esta *traza* pretende resolver la misma pieza que la anterior, el arco con una jamba oblicua a la otra jamba y las dos testas; lo va a hacer por un procedimiento de mayor complejidad geométrica pero que a la hora de labrar las dovelas resulta más económico en tiempo y material [33].

Comenzamos trazando las *plantas por lecho*. En este caso **las aristas inferiores de las caras de las dovelas no son paralelas, ni tampoco**

¹³⁴ Hernán RUIZ EL JOVEN, *Libro de arquitectura*, c. 1550, f. 47 v. ; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, c. 1580, f. 25 v. Para la *Difinition terçera*, el *Arco en rincon de caustria* y el *Corredor volado sin columnas formado de arcos por arista por robos*, v. pp. 22, 209 y 258, respectivamente.

horizontales, por lo que no abatimos sobre esta arista sino sobre la recta de punta que pasa por su vértice inferior, punto **a**. Así, el abatimiento del punto **b** no estará sobre su proyección vertical en el plano de impostas, pero sí estará sobre la proyección del paramento del muro **B**, puesto que ésta es perpendicular a la recta de punta que hace de charnela, y a una distancia de la charnela igual a **a b**. Tenemos por tanto fácilmente situados los puntos **d** y **e**, abatimientos de **b** y **a** respectivamente. A continuación tomaremos las longitudes de las aristas frontal y posterior de las caras de lecho, es decir, el grosor del arco, y las llevaremos sobre las proyecciones de los paramentos, **D** y **B**, partiendo de **e** y **d**. Con esto obtendremos los extremos de la arista superior de la cara de lecho, puntos **f** y **g**, aprovechando nuevamente que los paramentos son perpendiculares a la charnela; y así tenemos la *planta por lecho d e f g*; del mismo modo obtendríamos cualquier otra planta por lecho. Este procedimiento, que aparece por primera vez en Aranda, es una generalización del procedimiento de obtención de *saltarreglas* que veíamos en la *traza* anterior.

El verdadero problema viene al intentar trazar las *plantas por cara*, porque sus cuatro vértices no son en general coplanares. Observemos que las proyecciones verticales de las juntas de intradós se encuentran en el centro del arco menor, mientras que las proyecciones verticales intersectan en puntos dispuestos de forma aparentemente aleatoria. Sólo cuando dos proyecciones horizontales se encuentren en el eje del arco menor, lo que sucederá raras veces, se cortarán las juntas de intradós; en otro caso se cruzarán, y los cuatro vértices de la plantilla de intradós no estarán en el mismo plano.

Para nosotros, el mero intento de obtener una plantilla de una superficie reglada alabeada puede parecer un error de concepto grave. Pero las cosas no se debían de percibir de la misma manera en el siglo XVII; ya vimos que tanto Portor y Castro como Frézier empleaban en este tipo de piezas plantillas que tocaban a la cara de intradós en tres vértices para obtener después el cuarto *afondando* la dovela.¹³⁵ Para esto es necesario obtener correctamente la longitud de dos lados de la *planta* y la diagonal que los une, con lo que tendríamos situados con exactitud tres de los cuatro vértices de la *planta*. Respecto al cuarto, caben dos estrategias: se puede obtener su proyección sobre el plano definido por los otros tres vértices, como hace Frézier, lo que permite labrar una tirada con ayuda de la escuadra sobre la que estará el punto buscado, que se puede terminar de

¹³⁵ V. p. 242 y ss. del Tomo I.

Figura 33. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 13.

Arco viaje contra cuadrado por lado y por plantas

Plantas por lecho

situar con ayuda de una plantilla de testa o lecho. La alternativa es dar a los otros dos lados de la plantilla su verdadera magnitud, con lo que podemos hacerla girar sobre la diagonal para labrar las otras dos aristas de la cara de intradós.

Martínez de Aranda dispone en este caso de las longitudes de las cuatro aristas, tomando directamente de los arcos la frontal y posterior y de las *plantas por lecho* las laterales, como veremos más adelante. Pero con cuatro lados no queda determinado un cuadrilátero y necesitamos una quinta condición.

Aranda nos propone una construcción que no resulta fácil de comprender. Para construir la *planta por cara* G correspondiente a la segunda dovela, comienza tomando la longitud de la junta de intradós superior de la *junta por lecho* F, donde la tiene desarrollada en verdadera magnitud, y traza un arco con ese radio y centro en la proyección horizontal de uno de los extremos, l; donde este arco intersecte a una línea perpendicular a la testa B trazada por la proyección horizontal del otro extremo de la junta de intradós tendrá el punto 2. A continuación traza la recta 3 que pasa por 2 y es perpendicular a la *junta baja*, esto es, a la proyección horizontal de la junta de intradós inferior; con centro en el extremo de la junta de intradós inferior correspondiente a la testa ancha traza un arco que tiene por radio b 5, es decir, la cuerda del tramo de arco correspondiente a la dovela, con lo que tendrá el vértice 7 de la *planta por cara*. Llegados a este punto, sólo queda construir el cuadrilátero a partir de longitudes que ya tiene en la *planta por lecho* o en las testas:

formarás la dicha planta de suerte que tenga de largo desde el punto 7 al punto 8 lo que tuviere de largo la cara de la planta por lecho F desde el punto d al punto e y tenga de largo la dicha planta desde el punto 6 al punto 9 lo que tuviere de largo la cara de la planta por lecho H desde el dicho punto 9 al punto 10 y tenga de ancho la testa contraria desde el punto 8 al punto 9 lo que tuviere de ancho su bolsor en el arco C desde el punto 11 al punto 12.

¿Cuál es el fundamento geométrico de esta construcción? Aparentemente Aranda está procediendo a un doble abatimiento; en primer lugar abate con charnela en una línea paralela a la línea de impostas D y que pasa por el vértice inferior de la cara de intradós. Es de señalar que el vértice 9, situado en la junta de intradós inferior, no se desplaza de su posición original, pero sí lo hará el 6, puesto que el segmento 4 es la proyección horizontal de la junta de intradós inferior de la dovela, que no tiene sus extremos al mismo nivel; por tanto, el segmento 6 9, que sí representa en verdadera magnitud la junta de intradós, es ligeramente más largo; pero la diferencia es tan pequeña que no se refleja en el dibujo y no

se puede determinar con seguridad si Aranda realiza o no la corrección en esta *traza*.¹³⁶ En cambio, sí se refleja claramente en dibujo y en el texto el desplazamiento del punto **b**, que se moverá en un plano vertical de canto, cuya representación coincide con su vertical en el alzado: por eso nos dice Aranda que *tocarás en el plomo que bajo de su junta más alta en el punto 2*. Con este abatimiento se supone que la arista inferior de la cara de intradós ha pasado a estar contenida en un plano paralelo al de impostas. La charnela del segundo abatimiento es precisamente esta *junta baja 4*, y por eso ha de trazarse desde 2 una recta perpendicular a 4, pues se parte de que en el segundo abatimiento el punto 2, imagen provisional de **b**, se desplaza perpendicularmente a la charnela. Por tanto la imagen definitiva de **b** estará sobre la recta 3, con lo que tenemos la quinta condición y no queda más que aplicar las longitudes que ya tenemos para construir el cuadrilátero.

Aranda no tiene en cuenta que al abatir con charnela en una paralela a **D** se desplazan no sólo **b** y **c**, sino también **a**. En cualquier caso, Aranda acaba con una plantilla que representa correctamente las longitudes de las aristas de la cara de intradós pero no los ángulos entre ellas. Un cantero consciente de esto puede emplear tales plantillas en la labra de una dovela por el mismo método del *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*: da forma a la envolvente de la dovela partiendo de la testa, marca las *plantas por lecho* en sus caras como si fueran *saltaarreglas* pero con la ventaja de contar con las cuartas aristas de estas *plantas*, que le permiten labrar con mayor precisión el trasdós; y por último materializa el intradós con ayuda de la regla empleando las *plantas por cara* para comprobar la longitud de las aristas.

Es muy interesante comparar esta solución con la de Alonso de Vandelvira,¹³⁷ que se enfrenta al «corte» con un método muy diverso: reparte el dovelaje en ambas testas en el mismo número de dovelas iguales; de esa manera, las juntas de intradós convergen en el centro de proyección y los cuatro vértices de las *plantas por cara* son coplanares [34]. Esto le permite obtener plantillas que representan la cara de intradós sin deformación, para lo cual parte de la arista inferior de la cara de intradós, obtiene en verdadera magnitud las dos diagonales de dicha cara, y forma sendos triángulos con los lados cortos de las *plantas*, que toma directamente

¹³⁶ En cambio, sí se percibe con claridad en el *Arco por esquina contra viaje por lado*, pl. 100, en el *Arco por rincón contra viaje por lado*, pl. 102, o en el *Arco en torre cavada abocinado en viaje por cara y por testa*, pl. 106.

¹³⁷ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f 26 v.; v. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 66-69.

Figura 34. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 26 v.

del alzado, lo que le permite situar los dos extremos de la junta de intradós superior, con lo que tiene perfectamente definida la *planta por cara*. La solución resuelve correctamente el problema, pero presenta los mismos inconvenientes que comentamos al hablar del *Arco viaje contra viaje por testa*: a pesar del ingenio desplegado por Vandelvira, es laboriosa y contraria al principio de economía de los trazados; y por otra parte, al basarse la construcción de cada junta de intradós en la junta de intradós anterior, es propensa a sumar errores.

Arco viaje contra cuadrado por lado fuera de simetría

Para trazar este dicho arco viaje contra cuadrado por lado fuera de simetría formarás el arco **A** como parece en la traza de manera que se gane el viaje en las dos primeras hiladas desde el punto 1 al punto 2 y a esta altura subirás de cuadrado el lado que no hiciere viaje desde el punto 3 al punto 4 de manera que por la testa del arco que mirare a el lado angosto **B** subirá de cuadrado desde el punto 1 al punto 2 y por la testa que mirare al lado ancho **C** ha de subir con la circunferencia del arco desde el punto 5 al punto 2 y las demás piezas serán bolsos cuadrados y para ganar el dicho viaje robarás a la primera pieza por lado con el robo 6 y por planta con el robo 7 y a la segunda pieza robarás por lado con el robo 8 y por planta con el robo 9

Aranda nos ofrece aquí una tercera solución al problema del *viaje por lado*, es decir, del arco en el cual una jamba es perpendicular a los paramentos del muro y la otra es oblicua a los paramentos y a la otra jamba. Se trata de una solución más sencilla que las anteriores, consistente en introducir un resalto que va a existir a ambos lados del arco en la cara estrecha y sólo a uno de ellos en la ancha; es decir, el arco se ensancha en uno de los cuatro vértices de su planta precisamente por la ausencia de este resalto [35]. Las hiladas del resalto presentan planos de lecho horizontales, como los arranques de los arcos empleados por Rojas y Aranda en la iglesia de Santa Cruz de Cádiz, lo que recuerda un tanto a la solución gótica del «tas-de-charge» o «jarja».¹³⁸ La solución puede no parecer la más atractiva

¹³⁸ Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, París, B. Bauge, 1854, t. IX, pp. 6-12; Auguste CHOISY, *Histoire de l'Architecture*, t. II, pp. 147, 273-274, 355; John FITCHEN, *The construction of Gothic Cathedrals. A study of medieval vault erection*, Oxford, Clarendon, 1961 (Ed. Chicago, University of Chicago, 1981, pp. 75-77); Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt. La*

para la sensibilidad renacentista, pero tiene la virtud de concentrar el problema en un punto y permitir trazar con regularidad el resto del arco, empleando un cilindro circular y no una superficie alabeada como ocurría en las dos *trazas* anteriores; por otra parte, podemos suponer que el ensanchamiento se dispone hacia el interior de la puerta, con lo que al exterior veríamos un arco escarzano perfectamente regular; Philibert de L'Orme usaba soluciones semejantes y las encontraba incluso bellas.¹³⁹

En cualquier caso, esta solución sólo es útil para ensanchamientos pequeños, pues cuando el abocinamiento es de cierta importancia, digamos más de un décimo de la luz por el lado estrecho, la imposta toma una altura tal que lo hace impracticable.¹⁴⁰

Comenzaremos trazando el arco, que es simétrico por la cara estrecha, por lo que su centro estará en el punto medio de la luz libre por esta cara. Trasladaremos este punto al otro paramento y haciendo centro en él podemos trazar el arco teniendo en cuenta que pasa por el extremo 5 donde se produce el ensanchamiento; una vez dibujado el arco podremos trazar las impostas partiendo de los otros tres vértices de su planta.

A continuación repartiremos las dovelas. Tomaremos un número apropiado para las impostas, en función de su altura; aquí Martínez de Aranda toma dos, para explicar cómo se ha de obtener la cara de lecho que las separa. Separaremos estas dovelas por juntas horizontales y repartiremos el tramo curvo en un número impar de partes, lo que plantea el problema de la división de un arco cualquiera, que con toda probabilidad se resolvía por tanteos.¹⁴¹ Estas dovelas se separan entre sí y de las de la imposta por juntas radiales trazadas a partir del centro del arco, que es el de la luz libre del lado estrecho. Por lo tanto, las caras de lecho estarán contenidas en planos que pasan por el eje del arco y se representan como planos de canto en una proyección según el eje del arco, lo que nos permite labrar las

pensé technique au XIIIe siècle et sa communication, París, Picard, 1991 (2ª ed. revisada y aumentada 1993, pp. 186-188), y p. 40 y ss. del Tomo I de este trabajo.

¹³⁹ Para la «xarxa», v. Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 107 v. Para soluciones asimétricas, v. Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 70 v., 81 v., 89 r., 105 v., y sobre todo 103 v.

¹⁴⁰ Podemos llamar a la luz por el lado ancho a y por el estrecho α ; la diferencia entre ambas es β , de forma que $\beta = a - \alpha$. En cada resalto la luz libre se reduce β respecto de la luz teórica del arco; por tanto el diámetro del arco será igual a $\alpha + \beta$ o lo que es igual a $2a - \beta$, y el radio a $(2a - \beta)/2$. La ecuación del arco en un sistema de coordenadas con origen en su centro será $\xi^2 + \psi^2 = ((2a - \beta)/2)^2$. Ahora bien, la altura de la imposta ι será el valor que toma ψ cuando ξ vale $\alpha/2$. Sustituyendo y despejando, $\iota = 1/2 \sqrt{(a^2 - \alpha a)}$; lo que vale 0; 0.55; 0.70; 0.78; 0.83; y 0.87, para a/α igual a 1; 1.1; 1.2; 1.3; 1.4; y 1.5, respectivamente.

¹⁴¹ Cf. p.170 y ss. del Tomo I.

Figura 35. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 14.

Arco viaje contra cuadrado por lado fuera de simetría

dovelas *por robos* como hacíamos en el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*.¹⁴² Pero como aquí la superficie del intradós del arco es un cilindro cuyo eje es precisamente la dirección de proyección, no es necesario robar (*las demás piezas seran bolsos cuadrados*) salvo en las dovelas de imposta en el lado del ensanchamiento, de manera que no se produce el desperdicio de trabajo y material que hemos señalado como inconveniente del procedimiento *por robos*.

La singularidad de las dovelas de imposta del lado donde se produce el ensanchamiento reside en la cara de intradós. Ésta es una superficie de la familia de los **conoïdes**, formada por las rectas que pasan por el arco de la cara donde se produce el abocinamiento y la arista vertical de la otra cara; no es el conoïde más conocido, puesto que la arista no es proyección del diámetro del arco.

Para labrar estas dovelas *por robos* Aranda necesita la testa, que toma directamente de la proyección en alzado del arco, y las proyecciones en planta de las caras de lecho, tanto superiores como inferiores. Si la dovela de imposta fuera única, también se podría tomar directamente de la planta; pero al ser dos, es preciso bajar un plomo desde el punto 6 al 7 para obtener la proyección en planta de la cara de lecho que separa ambas dovelas, es decir, la superior de la primera dovela y la inferior de la segunda; precisamente para explicar esta construcción Aranda toma dos dovelas de imposta.

Arco viaje contra viaje por cara por plantas y por robos

Para trazar este dicho arco viaje contra viaje por cara y por robos le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve de testa para el lado de la planta **B** y el arco **C** sirve de testa para el lado de la planta **D** y si a este dicho arco quisieres sacar las plantas por caras al justo **E** las sacarás conforme se hizo en el arco viaje contra cuadrado por lado y por plantas al justo a 12 planas de este libro y si no le robarás las piezas con los robos que hubiere entre los dos arcos **A C** poniéndolas primero de cuadrado que tengan de grueso lo que tuviere de ancho la planta y se han de robar conforme se hizo en el arco viaje contra cuadrado por lado

¹⁴² V. p. 54.

a 11 planas de este libro y las líneas F sirven para las saltarreglas de las juntas después de robadas.

Esta *traza* se relaciona con el *Arco viaje contra cuadrado por lado*,¹⁴³ pero aquí son las dos jambas del arco las que son oblicuas y paralelas entre sí. Ahora bien, es lo mismo decir que las jambas son oblicuas a las testas como que las testas son oblicuas a las jambas; la planta es un romboide, y en realidad el problema que se intenta resolver con esta *traza* y las dos siguientes es el mismo del *Arco viaje contra viaje por testa*.¹⁴⁴ En total tendremos cinco soluciones para el mismo problema: la del *Arco viaje contra viaje por testa*, las dos que ofrece esta *traza*, *por plantas al justo* y *por robos*, la *traza* siguiente, y el *Arco viaje contra viaje por cara fuera de simetria*.

Decíamos al comentar del *Arco viaje contra viaje por testa* que presentaba dos problemas: por un lado las testas del arco eran arcos elípticos, al ser la sección recta del arco circular; y por otro, aparecía una componente del empuje paralela al plano de lecho de las dovelas que quedaba sin contrarrestar.¹⁴⁵

Pues bien, Aranda va a intentar resolver en esta *traza* ambos problemas [36]. La clave de esta solución está en disponer los planos de lecho de manera que formen uno o varios haces que cuyas rectas comunes no sean paralelas a las jambas como en el *Arco viaje contra viaje por testa* sino perpendiculares a los paramentos; dicho de otro modo, trazarlos como planos de canto; de esta manera son normales a la directriz del arco y queda resuelto el problema del **empuje al vacío**. Por otra parte, si la geometría fundamental del arco es la de los planos de testa y sus perpendiculares, no hay ninguna necesidad de proyectar un arco virtual sobre la testa, sino que basta con situar un semicírculo sobre el paramento, con lo que también queda resuelto el problema de las embocaduras elípticas.

La solución aparece muy pronto en la Península Ibérica, comenzando por el grupo valenciano de la puerta de acceso a la sacristía de la capilla de Alfonso el Magnánimo en el monasterio de Santo Domingo en Valencia y el del monasterio de la Trinidad, de la segunda mitad del siglo XV; más tarde la encontramos en arcos de cierta profundidad, como el de la Estrella de Cáceres o una puerta de Peñíscola, pero también en ocasiones en piezas

¹⁴³ V. p. 54.

¹⁴⁴ V. p. 48.

¹⁴⁵ Joël SAKAROVITCH, «Le fascicule de stéréotomie: entre savoir et métiers, la fonction de l'architecte», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, p. 353.

más chatas, como el Arco de Santo Domingo de Orihuela o en frentes de cantería para arcos revocados como el de Santo Domingo de Murcia [37], lo que nos hace dudar de la justificación funcional de la solución. Esta sospecha se hace más intensa cuando estudiamos la pareja de arcos esviados del Colegio de Santa Cruz de Valladolid [38]. Dispuestos en dos paramentos que forman esquina, sin venir exigidos por la planta, uno se resuelve como este *Arco viaje contra viaje por cara*, con el eje del haz de planos que forman las caras de lecho perpendicular a las testas, mientras que el otro se dispone con la recta común del haz de planos paralela a las jambas, pero con embocaduras semicirculares, con la solución que veremos en la próxima *traza*.¹⁴⁶

Como en el *Arco viaje contra cuadrado por lado*,¹⁴⁷ comenzaremos trazando los dos arcos de las testas, que serán de medio punto, y en este caso de igual radio, dado que al ser las jambas paralelas entre sí, las dos embocaduras del arco son de igual ancho. Al contrario que en el «corte» que le precede, las juntas entre dovelas no constituyen un haz de planos, sino dos haces de planos: en el dibujo de Aranda, el de las dovelas de la derecha tiene por recta el eje del arco de medio punto de la cara posterior, desplazada a la izquierda, y el de las dovelas de la izquierda tiene por recta común el eje del arco anterior, desplazado a la derecha; tanto uno como otro se representan como planos de canto.

Si queremos labrar las dovelas *por robos*, procedimiento que siempre implica menos complejidad de traza a costa de mayor trabajo de labra y desperdicio de material, podemos aprovechar que las juntas de lecho son planos de canto; la dovela estará incluida en un **sólido capaz** delimitado por los planos de las dos testas de la dovela, los planos de las juntas de lecho y los segmentos de cilindro resultado de proyectar **el intradós del arco menor y el trasdós del mayor** perpendicularmente a los paramentos.

Si desbastamos esta envolvente (*poniéndolas primero de cuadrado que tengan de grueso lo que tuviere de ancho la planta*) tenemos una primera aproximación a la forma de la dovela. Para darle su forma definitiva habrá

¹⁴⁶ Enrique RABASA DÍAZ, «Arcos esviados y puentes oblicuos. El pretexto de la estereotomía en el siglo XIX», *OP*, 1996, p. 16; para Valencia, v. Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», en *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, Valencia, Conselleria de Cultura, 1997, p. 21; Joaquín BÉRCHEZ, y Francesc Jarque, *Arquitectura Renacentista valenciana*, Valencia, Bancaixa, 1994, p. 30-32, 38, 146; para Orihuela, *ibid.*, p. 72; para Murcia, v. Alfredo VERA BOTÍ, «Arquitectura de los siglos XVII y XVIII en la ciudad de Murcia», en *Murcia Barroca*, Murcia, Ayuntamiento, 1990, pp. 34-35.

¹⁴⁷ V. p. 54.

que quitar dos cuñas; para Martínez de Aranda la importante es la situada entre el intradós y su proyección en planta, y la ejecución exacta del trasdós parece preocuparle muy poco.

Para quitar la cuña baja Aranda construye el ángulo que forma la arista inferior de una cara de lecho con la recta de punta que pasa por su vértice inferior, abatiendo la arista con charnela en la recta de punta. Como el vértice inferior está en la charnela, su abatimiento será su proyección horizontal, mientras que el abatimiento del vértice superior de la charnela estará sobre la línea **D** pero se habrá desplazado de su proyección horizontal por causa del abatimiento; podemos construirlo trazando una línea perpendicular a la testa desde la proyección del vértice inferior y midiendo desde el encuentro con la línea **D** una distancia igual a la distancia en alzado de los dos vértices, que es la distancia del vértice superior a la recta de punta. Uniendo los abatimientos de los dos vértices tendremos el abatimiento de la arista inferior de la cara de lecho, **F**. Por el mismo procedimiento obtendríamos la otra *saltarregla*.

Una vez materializado el plano de una cara de lecho con la escuadra, pues al ser plano de canto es perpendicular a la testa, podemos realizar la tirada correspondiente a una de las aristas inferiores de la cara de lecho basándonos en el ángulo que forma con la recta de punta correspondiente, que no es otro que el que forma su línea **F** con una línea perpendicular a las testas del arco. De la mismo manera materializaremos el plano de la otra cara de lecho y marcaremos su arista inferior.

A partir de ahí podemos ir quitando material por debajo del plano definido por los cuatro vértices de la cara de intradós de la dovela. Una vez alcanzado este plano, seguiremos *robando* con cuidado hasta materializar la superficie de intradós, para lo cual podemos utilizar una regla apoyada en las curvas de los arcos de testa aprovechando que el «*biais passé*» o paso oblicuo es una superficie reglada.

Si queremos obtener mayor precisión, Aranda nos propone obtener *plantas por caras al justo* por el mismo método del *Arco viaje contra cuadrado por lado y por plantas al justo*,¹⁴⁸ sin más explicaciones. Pero aquí nos encontraremos con el mismo problema: en general, dos juntas de intradós consecutivas se cruzan y no se cortan, por lo que los cuatro vértices de una cara de intradós no están en el mismo plano. La solución de Aranda conducía a obtener una plantilla con cuatro lados iguales a los cuatro lados

¹⁴⁸ V. p. 60.

Figura 36. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 15.

Arco viaje contra viaje por cara por plantas y por robos

de la *planta por lecho*, pero que no conservaba los ángulos ni la longitud de las diagonales.

Sin embargo, aquí el dibujo ofrece no sólo la *planta por cara* de la segunda dovela, que es la que Aranda exponía en el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por plantas al justo*, sino también la primera. Si nos guiamos únicamente por el dibujo,¹⁴⁹ ésta se puede obtener de una manera más sencilla, sin más que trazar una perpendicular a la imposta que pase por la proyección del extremo posterior de la junta de intradós superior, tomar del alzado la longitud del tramo de arco posterior correspondiente a la dovela y trazar un arco con radio igual a esta longitud y centro en el extremo correspondiente de la planta hasta intersectar con la perpendicular a la imposta que habíamos trazado antes. Tendremos allí un extremo de la junta de intradós abatido con charnela en la imposta. Para nuestros propósitos, es fundamental observar que lo que hemos llevado a la horizontal es el plano que pasa por este punto y la imposta; hay una diagonal de la *planta por cara* contenida en este plano, pues pasa por este punto y se corta con la imposta y por tanto, la tendremos representada en verdadera magnitud en el abatimiento.

Nos queda ahora obtener el cuarto vértice de la *planta por cara*; en el abatimiento practicado no ha llegado al plano horizontal, pues no está en el plano determinado por la imposta y el tercer vértice. Frézier resuelve una situación similar proyectando este cuarto vértice perpendicularmente al plano de los otros tres;¹⁵⁰ en cambio Aranda opta por una solución más directa, pues se limita a trazar arcos con radio igual a la longitud de la junta de intradós, que puede obtener de las *saltarreglas* que sirven para labrar el arco *por robos*, y centro en el tercer vértice; y radio igual al tramo de arco

¹⁴⁹ Deducir una construcción partiendo únicamente de un dibujo sin el apoyo de un texto es muy arriesgado, como advertía Rudolf WITKOWER, *Architectural Principles in the Age of Humanism*, p. 126 de la ed. de 1979. En principio, se puede defender que la construcción es que describimos, que Aranda emplea en el *Arco capialzado por plantas*, v. p. 128, pero también podría corresponder a la del *Arco por esquina y por rincón abocinado*, v. p. 198, que tiene un sentido diferente, pues allí Aranda obtiene los vértices tercero y cuarto de la *planta por cara* independientemente. Las dos construcciones arrojan resultados muy similares, y el dibujo podría corresponder a cualquiera de las dos. Ahora bien, en el *Arco por esquina y por rincón abocinado* reconocemos que se obtienen los vértices tercero y cuarto independientemente porque se trazan con línea de puntos las dos perpendiculares a la imposta, mientras que aquí se representa sólo una, lo que parece dar a entender que se obtiene por esa vía el tercer vértice, mientras que el otro se construye por otro método; y de los empleados por Aranda, el único aplicable es fijarlo de acuerdo con sus distancias a los dos vértices contiguos.

¹⁵⁰ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, p. 311; t. II, pp. 36-37, 445-446.

anterior que corresponde a la dovela y centro en el otro extremo de la imposta.

Todo esto se refiere al primer *bolsor*. Las *plantas por cara* de la segunda y sucesivas dovelas plantean un problema más complejo. Las aristas inferiores de las caras de lecho no son horizontales ni paralelas al eje del arco y por tanto no podemos trazarlas como perpendiculares a un paramento ni paralelas al eje del arco. Como sucedía en el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por plantas al justo*, podemos hallar las longitudes de sus cuatro aristas, tomando directamente de los arcos la frontal y posterior y de las *plantas por lecho* las laterales. Pero con cuatro lados no queda determinado un cuadrilátero y necesitamos una quinta condición.

Para esto Aranda parece emplear una construcción análoga a la que ha usado para el salmer: traza una perpendicular a la junta de intradós inferior por la proyección horizontal de un extremo de la junta de intradós superior, sobre la que debe estar la imagen de este extremo en la *planta por cara*; a continuación traza un arco con centro en el extremo correspondiente de la junta de intradós inferior y radio igual a la cuerda de este tramo de arco; donde intersecte a la perpendicular a la junta de intradós inferior estará la imagen del extremo de la junta de intradós superior; a continuación traza arcos con radios iguales a la longitud de la juntas de intradós superior, que tiene en la *saltrarregla*, y a las cuerdas del tramo de arco correspondiente a la dovela, que tiene en los alzados, tal como hizo en el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por plantas al justo*; como allí, uno de los extremos de la junta de intradós inferior debe moverse, pues la proyección horizontal de la junta no representa en verdadera magnitud la dovela, pero la diferencia de longitudes es muy pequeña y el dibujo no la refleja; es posible que esté aplicando la construcción del salmer a la segunda dovela sin tener en cuenta que la junta de intradós inferior de esta última es inclinada.

Con esta salvedad, tenemos una plantilla que representa en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara de intradós de la dovela, pero no se puede asegurar que conserve las longitudes de las diagonales ni las magnitudes de los ángulos; tal plantilla puede ser útil como medio de comprobación de la labra. En el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por plantas al justo* quedaba una pregunta sin responder: ¿para qué se emplea la construcción de la perpendicular a la junta de intradós inferior? Esta *traza* nos da una indicación en tal sentido: puesto que Aranda remite sin más a la solución del *Arco viaje contra cuadrado por lado y por plantas al justo* sin hacer comentarios, y en uno y otro incluye la planta del salmer, aquí con la

Figura 37. Arco de Santo Domingo en Murcia.

Figura 38. Arcos esviados en el Colegio de Santa Cruz de Valladolid.

Figura 39. Alonso de Guardia, Manuscrito de arquitectura y cantería.

construcción de la perpendicular a la junta de intradós, no es descabellado pensar que para Aranda una y otra construcción son la misma, y si se traza la perpendicular a la junta de intradós en la segunda dovela, es por analogía con el salmer; es decir, se piensa que si en el salmer la construcción asegura una diagonal correcta, también ha de hacerlo en la segunda dovela.

La solución *por robos* era probablemente conocida en la época medieval. En el cuaderno de Villard de Honnecourt aparece una figura con la leyenda «par chu til'om vosure besloge»,¹⁵¹ de la que se han ofrecido interpretaciones diferentes que coinciden en lo sustancial [40]. Para Branner y Sanabria se trata básicamente de labrar *por robos* la dovela del segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*, esto es, un arco con juntas de intradós paralelas a las jambas pero de embocadura semicircular;¹⁵² Bucher, en un breve comentario que parece haber pasado desapercibido, la identifica con un arco equivalente a este *Arco viaje contra viaje por cara y por robos*; Lalbat, Margueritte y Martin dieron en un primer momento una interpretación que coincide en casi todos los detalles con el procedimiento de Aranda en este *Arco viaje contra viaje por cara y por robos*, pero la acertada referencia de estos autores al «biais passé par panneaux» de Mathurin Jousse puede confundir, porque Jousse llama «par panneaux» a un «corte» en el que únicamente emplea *saltarreglas* en las caras de lecho, mientras que para Aranda esta *traza* es *por robos*. En la continuación de su artículo plantean que la *traza* pretende resolver otras dos problemas: el de la *decenda de cava* y el «passage biais» que corresponde básicamente al segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*. Bechmann aporta una hipótesis verosímil: si las nueve marcas en la testa inferior representan juntas, el arco tendría la clave partida y sería un arco de medio punto; en cambio, la idea relación implícita pero no expresada claramente con el «biais passé» innovador de Frézier, que frente al saber tradicional, pretende resolverlo con una superficie cilíndrica que da lugar a juntas de intradós elípticas, es más discutible.¹⁵³

De todo este cúmulo de hipótesis creemos que se deben retener la de Branner, que lo identifica con el segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*, es decir, el arco de planos de lecho dispuestos alrededor de un eje paralelo a las jambas, pero resuelto con embocaduras semicirculares y

¹⁵¹ VILLARD DE HONNECOURT, *Cuaderno*, lám. 39 según la numeración de Omont.

¹⁵² Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 38. V. también p. 76 de este trabajo.

¹⁵³ Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, pp. 169-175.

labrado *por robos*, y la de Bucher, después retomada por Lalbat et. al., que lo asimilan a este *Arco viaje contra viaje por cara y por robos*, de jambas perpendiculares a las testas. Tendremos así dos soluciones al mismo problema en un solo esquema, precisamente lo que hace Aranda en esta *traza*; el número de marcas, un asunto muy debatido, queda resuelto sin necesidad de suponer un error por parte de Villard.¹⁵⁴ La idea sugerida por Bechmann que identifica el esquema con la solución de Frézier, creemos que se puede descartar, pues suponer el empleo por Villard de un procedimiento tan sofisticado, que Philibert, Vandelvira, Aranda, Jousse o Derand desconocen y no buscan, es a nuestro modo de ver irreal.¹⁵⁵ Algo parecido se puede decir de la hipótesis de Lalbat et. al. según la cual Villard habría reconocido antes que Desargues la identidad entre los problemas del arco oblicuo y la *decenda de cava*; reconocer tal grado de abstracción a un hombre que debemos suponer mucho más *asido a la materia* que Aranda no es convincente, y mucho menos que viera lo que no vieron Philibert, Vandelvira ni Derand.

Hay además dos factores no señalados hasta ahora, que sepamos, que puede apoyar la interpretación de Bucher y Lalbat et. al. En una lápida sepulcral de Saint-Ouen de Rouen aparece junto a un arquitecto una extraña figura, identificada hasta ahora con una red o un cuaderno, y que coincide exactamente con el dibujo de las *saltarreglas* agrupadas junto a las jambas de Philibert y Jousse. Por otra parte, es innegable la difusión de la solución de planos de canto en la Península Ibérica antes de la aparición del *Premier Tome de l'Architecture*, en el grupo valenciano de la sacristía de la capilla de Alfonso el Magnánimo y el monasterio de la Trinidad, y quizás también en el Colegio de Santa Cruz de Valladolid y en el arco de Santo Domingo de Orihuela; ahora bien, esto no descarta la solución de Branner, puesto que encontramos arcos con los planos de lechos dispuestos en haz con eje paralelo a las jambas en la capilla de la Resurrección de la catedral de Valencia y en la «arcada nova» o nave de los pies de la catedral de Valencia, estos últimos apuntados.

¹⁵⁴ Las **nueve** marcas de una de las testas, correspondientes a un arco apuntado con clave partida, darían lugar a **cuatro** marcas de *saltarreglas* junto a las jambas; las **dos** marcas junto a la escuadra no tendrían más función que permitir el correcto transporte del ángulo del esviaje, pues VILLARD DE HONNECOURT emplea esta técnica en el *Cuaderno*, lám 40 según la numeración de Omont.

¹⁵⁵ V. Carlos GORDO MURILLO, *Bóvedas oblicuas en cantería. Sus elementos y morfología como factores determinantes de su uso*, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1997, p. 11: «La interpretación [de Bechmann] podría ser correcta [...] aunque de ser así se produciría una distorsión en la evolución histórica de la bibliografía del corte de piedras, siendo así que el catálogo de soluciones siempre es sumativo, no desdendiéndose posibles alternativas consideradas con anterioridad en el tiempo».

Figura 40. Villard de Honnecourt, Cuaderno, lám. 39.

Figura 41. Philibert de L'Orme, Le Premier tome de l'Architecture, f. 69.

Figura 42. Amedée-Louis Frézier, Traité de stéréotomie, t. II, lám.37.

Philibert de L'Orme retoma el problema [41], pero lo hace de forma muy confusa, mezclando esta *traza* con el *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*, la que Aranda nos plantea a continuación, en la que el haz de planos de lecho tiene por recta común una paralela a las jambas; probablemente esto se deba a herencia medieval, pues como hemos visto, Villard ofrece las dos soluciones en el mismo esquema. De L'Orme representa el trazado como si la recta común fuera paralela a las jambas; pero cuando describe los *robos* a efectuar y dibuja el esquema de una dovela, sólo incluye un *robo* por el intradós, cuando la solución de recta común paralela a las jambas exige *robos* en las caras de lecho, que no son perpendiculares a las testas; por tanto el texto y el detalle de la labra de la dovela corresponden a la solución de planos de canto.¹⁵⁶

Al contrario que De L'Orme, Aranda separa con claridad las dos soluciones: en la *traza* siguiente abordará la de recta común paralela a las jambas y embocaduras circulares, y aquí se ocupa de la de planos de canto y embocaduras circulares, para la que nos da en la misma *traza* dos procedimientos, *por robos y por plantas al justo*. Por lo tanto, el manuscrito de Aranda es el primero en todo el ámbito de la cantería europea que plantea claramente el problema y lo resuelve de un modo correcto y explícito, al menos en la variante que emplea el método *por robos*;¹⁵⁷ también es el primero, y prácticamente el único, en intentar encontrar un procedimiento para la labra de este arco *por plantas*; la tratadística francesa del siglo XVII y XVIII rehuye el empleo de plantillas en superficies alabeadas y habrá que esperar a Frézier para volver a presenciar el intento siempre difícil de labrar estas caras con ayuda de *plantas al justo*.

En cambio, el procedimiento *por robos* será popular en Francia a partir de Mathurin Jousse, con dos diferencias de detalle: las *tiranteces* se trazan en ocasiones con un centro, como en Alonso de Guardia [39], Jousse, Derand o Tosca, en otras con dos al modo de Aranda, como en De La Rue; las

¹⁵⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 68 r. - 69 r. V. también f. 86 r., donde sí parece distinguirlos: «diuerses portes & voutes partie biaises, partie droictes, & pour d'autres faictes en biais passé, comme l'appellent les ouvriers, d'autres en biais par doiles, & autres en biais par teste», y Enrique RABASA DÍAZ, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, p. 147; «Arcos esviados y puentes oblicuos. El pretexto de la estereotomía en el siglo XIX», *OP*, 1996, p. 35, y *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, Memoria de oposición a la Cátedra de Geometría Descriptiva, Universidad Politécnica de Madrid, 1997, p. 55.

¹⁵⁷ La solución será popular en Francia a partir de Mathurin Jousse, con la única diferencia del trazado; v. también Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, p. 27.

saltarreglas se trazan siempre a la francesa, agrupadas en las jambas.¹⁵⁸ Sólo entrado el siglo XVIII Frézier pone en cuestión este método e intenta obtener un verdadero arco oblicuo perfecto [42] eliminando de raíz lo que para él es la peor desventaja de esta pieza: la condición alabeada de la superficie de intradós.¹⁵⁹ Es decir, en un esfuerzo por sintetizar las soluciones anteriores, tratará de construir un arco con intradós cilíndrico y cortarlo por un haz planos de canto con eje oblicuo al del cilindro; obviamente las secciones de este cilindro por planos oblicuos a su eje son elipses, lo que le obliga a construir las plantillas por un procedimiento elaborado, pero por lo demás la labra se resuelve *por robos*, ya que no se puede aprovechar la forma cilíndrica del intradós para obtener *plantas por cara*.

Arco viaje contra viaje por cara y por plantas

Para trazar este dicho arco formarás el arco en semicírculo **A** que sirve para entrambas testas y a este dicho arco le bajarás los plomos de las juntas y los pasarás por la planta con el viaje que tuviere el dicho arco la línea terminada señalada con la **B** es para ganar el cuadrado del viaje que sirve de juzgo para sacar plantas por caras y por lechos supongo que quieres sacar la planta por cara **C** tirarás la línea en blanco 1 galgada con la línea **B** que toque donde tocó el plomo que bajo de la junta 2 en el diámetro del arco **A** después tomarás el largo del bolsor desde el punto 2 al punto 3 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 4 y con la otra tocarás en la línea tirada en blanco en el punto 5 y desde el punto 4 al punto 5 tirarás la testa de la dicha planta por cara y con este tamaño del bolsor y el plomo en viaje señalado con el 6 formarás la planta por cara como parece entre los puntos 4 5 7 8 y de esta manera se han de formar todas las demás plantas por caras y por lechos como parece en la traza formando las testas de las plantas por

¹⁵⁸ Alonso de GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería* (Manuscrito c. 1600. Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori ...*, Libro II, Venecia, 1566, Biblioteca Nacional de Madrid, ER/4196, f. 70); P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 122-124; en el dibujo las *tiranteces* se trazan de forma caótica, pero el texto dice que «les coupes CD & EF se traceront en suite, prenant leur origine du point situé entre & au milieu de H & I», es decir, el punto medio entre los dos centros; Thomas Vicente TOSCA, *Tratado de Arquitectura Civil, Montea y Cantería, y Reloxes*, tratado XV, pp. 139-140 de la ed. de 1727; Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, pg. 27.

lechos con el largo de las juntas como se hizo en la planta por cara con el largo del bolsor como parece en la planta E y hánse de labrar las piezas por las testas con la forma que tuviere el arco semicírculo A y por las caras de los bolsos se han de labrar de cuadrado con la forma que tuviere el arco encogido tirado en blanco D este dicho arco se ha de formar con el altura de los plomos del arco A y con las distancias que causaren los dichos plomos unos de otros en la línea B como se hizo en la tercera difinition de la primera parte figura R.

Este arco es la cuarta solución al mismo problema. Dejando aparte la cuestión del **empuje al vacío** que intenta resolver la *traza* anterior, el otro inconveniente del *Arco viaje contra viaje por testa* es que al ser circular su sección por un plano perpendicular al eje, la sección por el paramento oblicuo será una elipse, y el aspecto será el de un arco rebajado.¹⁶⁰ Esto se intenta resolver tomando como sección en los paramentos un arco de medio punto, lo que da lugar a que la sección por un plano perpendicular al eje del arco sea un arco elíptico peraltado, como el de la figura D de la *difinition* primera [43].¹⁶¹ Por lo tanto la superficie del intradós del arco no será un cilindro circular, sino uno elíptico.

Como decíamos más arriba, resulta en general difícil distinguir estos arcos de testa semicircular de los *Arcos viaje contra viaje por testa* de embocadura semielíptica cuando el esviaje es pequeño y por tanto la semielipse ligeramente rebajada, sin entrar en levantamientos fotogramétricos que caen fuera del ámbito de este trabajo. Aun con estas reservas, pueden adscribirse a esta categoría uno en el patio del Colegio de Santa Cruz de Valladolid [38]; los laterales de la capilla de la Resurrección de la catedral de Valencia, realizados en alabastro alrededor de 1510; otro entre nave y capilla mayor en la catedral de Palencia, probablemente de la época de Gaspar de Solórzano, a principios del siglo XVI; el que da entrada a la Sacristía Mayor de la catedral de Sevilla; el de acceso a la sacristía de

¹⁵⁹ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, pp. 137-142.

¹⁶⁰ V. p. 48 de este trabajo, y Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie* t. I, p. 26-29; Joël SAKAROVITCH, «Le fascicule de stéréotomie: entre savoir et métiers, la fonction de l'architecte», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, pp. 347-363; Enrique RABASA DÍAZ, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, pp. 146-47 y 148; «Arcos esviados y puentes oblicuos. El pretexto de la estereotomía en el siglo XIX», *OP*, 1996, p. 34.

¹⁶¹ V. p. 17.

San Esteban de Salamanca, de Juan Moreno, comenzada en 1627; dos arcos en la Plaza Mayor de Salamanca, y el arco de la calle de Ciudad Rodrigo en la Plaza Mayor de Madrid, de principios del siglo XIX.¹⁶²

El método de construcción tiene puntos en común con el *Arco viaje contra viaje por testa*, pero también una diferencia importante: como la sección por las testas es la que es un arco de medio punto, resulta más cómodo partir de un alzado en el plano de la testa, en lugar de hacer como en el *Arco viaje contra viaje por testa*, donde partíamos de un arco virtual situado en un plano perpendicular a las jambas para proyectarlo en un muro oblicuo.

Comenzaremos trazando no un *juzgo* o construcción auxiliar, sino la testa del arco, que es un arco de medio punto. Para obtener las *plantas por cara* abatiremos como siempre con eje en la arista inferior de la cara 3. Pero hemos de tener en cuenta que esta arista ya no es una recta de punta, por lo que el punto abatido del 2 estará en una recta 1 que pasa por la proyección 5 del punto 3 y es perpendicular a la charnela 4 8, es decir al eje del arco. Sabiendo que este punto abatido dista del punto 4 la longitud de la arista inferior de la testa podemos construirlo fácilmente sin más que hallar la intersección de la recta 1 con un arco con centro en 4 y longitud igual a la arista inferior de la testa, que tenemos dibujada en verdadera magnitud en el alzado. Tendremos así dos de los vértices, 4 y 5, de la cara de intradós de la dovela. De la misma manera obtendremos los puntos 7 y 8. Por un procedimiento similar construiremos las *caras de lecho*, tan similar que esta vez el muy reiterativo Aranda no se molesta en detallarlo.

Vandelvira resuelve este problema por un método recursivo [45]:¹⁶³ parte de la arista inferior de la cara de intradós, obtiene en verdadera magnitud las dos diagonales de dicha cara construyendo triángulos rectángulos, y a continuación forma otros dos triángulos con las diagonales y las cuerdas de los tramos de arco que corresponden a la dovela, que son los lados cortos de las *plantas*, con lo que sitúa los dos extremos de la junta de intradós superior y está en condiciones de cerrar la *planta por cara*. Aunque la solución es ingeniosa, presenta dos características que no debían

¹⁶² V. Manuel GÓMEZ-MORENO, *Catálogo Monumental de España. Provincia de Salamanca*, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1967, p. 225; Joaquín BÉRCEZ Y FRANCESC JARQUE, *Arquitectura Renacentista valenciana*, p. 36, 123-125; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 55, 71; Enrique RABASA DÍAZ, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, p. 152.

¹⁶³ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 27 v. - 28 r.; v. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 70-71.

Figura 43. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 16.

Arco viaje contra viaje por cara y por plantas

de ser atractivas para los canteros del Renacimiento: por una parte, es muy laboriosa, y hemos de recordar que estamos hablando de trazados realizados a tamaño natural y en el suelo. Por otra parte, las sucesivas juntas de intradós no se obtienen directamente, sino en función de construcciones que precisamente se basan en la junta de intradós anterior, por lo que se corre el riesgo de ir acumulando errores.

La variante que nos expone Aranda no aparece en Philibert de L'Orme ni en Vandelvira, pero sí en Cristóbal de Rojas, Alonso de Guardia y Juan de Portor y Castro [46-48].¹⁶⁴ Representa un avance importante en la tomotecnia renacentista; si Rojas la introduce y la emplea en una sola *traza*, Aranda la extiende a un gran número de «cortes», como iremos viendo más adelante. A pesar de esto, su repercusión fue muy limitada, lo que es comprensible en el caso del texto de Aranda, que no llegó a la imprenta y debió de circular por ámbitos restringidos, y no tanto en el de Rojas. Si alcanza una cierta difusión en España, en cuadernos personales como los de Alonso de Guardia y Juan de Portor y Castro, o en obras impresas como las de Tosca y García Berruguilla, es significativo comprobar que en Francia se desconoce por completo tanto la solución de Vandelvira como la de Rojas y el problema se resuelve *por robos* en la *Architecture des voutes* y el *Traité de la coupe des pierres*.¹⁶⁵

El procedimiento del *Arco viaje contra cuadrado por testa*, que ya aparece en la «Porte biaise par teste» de L'Orme,¹⁶⁶ consistía en abatir y proyectar en un plano perpendicular a las generatrices de la superficie de intradós, para luego trasladar los extremos de la arista superior desde la proyección al abatimiento **perpendicularmente a las generatrices** del cilindro de intradós, puesto que la charnela es una de estas generatrices.

Rojas y Aranda **generalizan** con elegancia esta construcción para permitir que el abatimiento se realice a partir de un plano oblicuo a las generatrices. Cuando el plano de testa es perpendicular a las generatrices,

¹⁶⁴ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 99 v.; Alonso de GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería* (Manuscrito c. 1600. Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori ...*, Libro II, Venecia, 1566, Madrid, Biblioteca Nacional, ER/4196, f. 80 v.); Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708 (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114, f. 2 v.); José CALVO LÓPEZ, «Los trazados de cantería en la 'Teórica y práctica de fortificación' de Cristóbal de Rojas», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 69-70.

¹⁶⁵ P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 164-167; Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, p. 16.

¹⁶⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f 71 r. a 72 r.; para el *Arco viaje contra cuadrado por testa*, v. p. 41.

contamos con dos condiciones que nos bastan para determinar el punto 1 imagen del 3: está en la traza del plano de testa y a una distancia conocida de 4. Además hay una tercera condición: está en la perpendicular a las generatrices que pasa por 5; pero esta última condición es redundante, pues equivale a estar en la traza de B.

Si el plano de testa es oblicuo a las generatrices, hemos perdido la primera condición, pues el punto 1 se habrá desplazado por el abatimiento fuera de B; pero entonces la tercera no será redundante, y podemos construir el punto 1 contando con que conocemos su distancia a 4 y sabemos que está en la perpendicular a las generatrices que pasa por 5, que esta vez no coincide con la traza del plano de testa.

Como decíamos antes, la testa es circular pero la sección recta no. Por tanto si tuviéramos necesidad de construir una sección recta, por ejemplo por el plano B, habremos de emplear un procedimiento relacionado con la *difinition* tercera de esta primera parte.¹⁶⁷ Para ello hemos de determinar las intersecciones de las juntas entre dovelas 2, 3, etc. prolongándolas desde los puntos 4, 5, etc. hasta encontrar B y desde ahí levantar perpendicularmente a B con las distancias 2 5, 3 4, etc., con lo que obtendremos la sección recta sin más que unir los puntos de tres en tres con arcos de círculo como vimos en las *difinitiones* primera y segunda.¹⁶⁸

Este procedimiento aparentemente tan sencillo tiene un papel decisivo en la estereotomía moderna. En general, De L'Orme parte de construir la sección recta de un arco o bóveda y proyectarla sobre un paramento para obtener la embocadura. Rojas, como Vandelvira, invierte el procedimiento: construye el arco de la embocadura y se desentiende de la sección recta; pero es Aranda el que da el paso de construir la sección recta no como un dato del problema, sino como el resultado de la deformación del arco de embocadura por dos operaciones sucesivas de proyección y sección. Más adelante Desargues y Frézier generalizarán el procedimiento, reduciendo a uno solo todos los problemas de arcos oblicuos, en talud o en desnivel; la elección entre la regularidad de la testa o de la sección recta será la primera decisión que tenga que tomar el arquitecto. Resulta paradójico ver a Aranda, el representante extremo del casuismo de la tomotecnia renacentista, como un precursor de la «*manière universelle*» de Desargues;

¹⁶⁷ V. p. 22.

¹⁶⁸ V. p. 17 y ss.

Figura 44. Arco de acceso a la iglesia de San Sebastián de Soreasu de Azpeitia.

Figura 45. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 27 v.

Figura 46. Cristóbal de Rojas, Teórica y práctica de fortificación, f. 99 v.

Figura 47. Alonso de Guardia, Manuscrito de arquitectura y cantería.

Figura 48. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de arquitectura, f. 2 v.

Figura 49. Abraham Bosse, La pratique du trait a preuves du sieur Desargues pour la coupe des pierres, f. 9.

Figura 50. Amedée-Louis Frézier, Traité de stéréotomie, t. I, lám. 19.

pero lo cierto es que la construcción de la sección recta es un paso pequeño, pero esencial del método arguesiano.¹⁶⁹

La comparación entre Aranda y Frézier muestra cómo han cambiado las cosas a lo largo de este proceso, pero también cómo las ideas básicas permanecen. En el *Traité de Stéréotomie* se expone un problema consistente en «Hacer un cañón horizontal de testa oblicua de una sola o dos y tres oblicuidades», generalizando el problema como había hecho Desargues, pero el primer caso se da cuando «las testas son simplemente oblicuas sin talud».¹⁷⁰ El trazado comienza construyendo el arco de testa, «en semielipse o semicírculo, como se quiera»¹⁷¹; con una fórmula tan sencilla recogen en uno solo el arco que estamos comentando y el *Arco viaje contra viaje por testa*. A continuación se traza una línea perpendicular a las jambas y se levanta sobre ella la sección recta, [50] como sucedía con el *juzgo* de Aranda; pero Frézier recomienda construir la elipse directamente y no «por varios puntos, siguiendo el problema IX del 2º libro; este es el método de todos los Autores del Corte de las Piedras [...] es bueno para las plantillas de intradós trazadas en línea recta de punto a punto, pero como hace falta tener los arcos comprendidos entre estos puntos, mi primer método es preferible a los de estos Autores».¹⁷² Como ha trazado la *cimbria* antes que las plantillas, puede emplearla para obtener las *plantas por cara*, lo que le

¹⁶⁹ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie* t. I, p. 279; Joël SAKAROVITCH, «Le fascicule de stéréotomie: entre savoir et métiers, la fonction de l'architecte», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, pp. 348, 353: «Une premier possibilité est de donner la section droite du berceau (par exemple un arc plein cintre) d'où l'on déduit la section par le mur de face. C'est la situation envisagée par Philibert de L'Orme, situation que simplifie beaucoup le tracé de l'épure mais qui n'est pas très satisfaisante d'un point de vue architectural, puisque l'arc qui apparaît en façade n'est que la résultante de contraintes extérieures. L'autre définition possible, et c'est bien sûr celle que choisit Desargues, mais également celle des auteurs de traités de stéréotomie ultérieurs, consiste à donner au contraire le tracé de l'arc de face et à en déduire celui de l'arc droit. La construction qui donne Desargues est d'ailleurs, comme il le remarque explicitement, totalement réversible et, là encore, il offre un degré de liberté optimal à son lecteur».

¹⁷⁰ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, p. 122: «Faire un Berceau Horizontal de face oblique d'une seule ou de deux & trois obliqueitez/ Premier cas, où les faces simplement biaises sans talud».

¹⁷¹ Amédée-François FRÉZIER, *ibid.*, pp. 122-123: «ayant tracé le ceintre *abb* en demi-Ellipse ou en demi-cercle, tel qu'on veut».

¹⁷² Amédée-François FRÉZIER, *ibid.*, p. 124: «On peut aussi décrire l'arc droit par plusieurs points, suivant le Problème IX du 2e. Livre ; c'est la méthode de tous les Auteurs de la Coupe des Pierres, [...] Cette méthode est bonne pour les dômes plates tirées de division en division; mais comme il faut aussi avoir les arcs compris entre ces divisions, ma première méthode est préférable à celle des Auteurs, en ce qu'elle est plus simple, plus expéditive & plus juste» Es de reseñar que el «primera méthode» remite al problema VIII del 2º libro del *Traité de Stéréotomie*, que enseña a trazar elipses partiendo de dos diámetros conjugados; quizá se trate de un error, porque es «plus expéditive» emplear el método del problema VII y trazar las elipses partiendo de los ejes.

lleva a utilizar el método más simple del *Arco viaje contra viaje por testa*, tomando los anchos de las plantillas de la *cimbria* y la posición de sus vértices de sus proyecciones horizontales sobre la testa; el método es bien sencillo, pero es preciso trazar la sección recta con toda exactitud para no arrastrar errores a las *plantas*.

Volviendo al «corte» de Aranda, resulta extraño a un lector actual que la línea **B** se traza al principio de la construcción y aparentemente sólo se utiliza al final para hallar esta sección; según Aranda *es para ganar el cuadrado del viaje que sirve de juzgo para sacar plantas por caras y por lechos*. Una explicación posible es que estas *monteas* o construcciones a tamaño natural se realizaban en el suelo por medio de cuerdas. Una cuerda tensa entre dos puntos daba una recta; una cuerda tensa fija en un extremo y moviéndose por el otro, un arco de círculo; la perpendicular a una recta por un punto contenido en ella se puede trazar tomando distancias iguales en la recta a ambos lados del punto, construyendo arcos iguales con centro en los dos puntos así obtenidos y trazando la perpendicular por el punto base y la intersección de los dos arcos; o se puede construir fácilmente con ayuda de una escuadra de buen tamaño.¹⁷³

Pero no es tan fácil construir una paralela a una recta; por lo tanto, sería usual construir una línea auxiliar perpendicular o *juzgo* antes de trazar varias rectas paralelas. En este caso el *juzgo B* se utiliza después para construir la sección recta del arco, pero en otras *trazas* que veremos más adelante, como en el *Arco por arista en la cara en viaje*¹⁷⁴ se traza únicamente para ayudar en la construcción de un serie de líneas paralelas.

Arco viaje contra viaje por cara fuera de simetría

Para trazar este dicho arco formarás el arco **A** tan grande que coja los dos viajes contrarios como parece en la traza y en las dos primeras hiladas se ha de ganar el viaje robando las piezas conforme se hizo en el arco viaje contra cuadrado por lado fuera de simetría a 13 planas de este libro haciendo los demás bolsos cuadrados como parece en el dicho arco **A**.

¹⁷³ V. pp. 117-132 del Tomo I.

¹⁷⁴ V. p. 138.

Este arco resuelve el mismo problema de los dos anteriores con una variante del *Arco viaje contra cuadrado por lado fuera de simetría*,¹⁷⁵ con la única particularidad de que no cuenta con una sino con dos jambas oblicuas y simétricas [51]. Trazaremos el arco en este caso de forma que encuentre al plano de impostas en uno de los vértices de la planta que corresponden al ensanchamiento de una testa y a la proyección del vértice correspondiente al otro ensanchamiento sobre la primera testa; repartiremos las dovelas tomando un número apropiado para las impostas, en función de su altura y las separaremos por juntas horizontales; también tomaremos un número impar de partes para el tramo curvo, separadas entre sí y de las dovelas de la imposta por juntas radiales trazadas a partir del centro del arco.

Por lo tanto, las caras de lecho estarán contenidas en planos de canto, lo que nos permite labrar las dovelas *por robos*, si bien el único robo propiamente dicho se hará en las dovelas de imposta. Allí se materializa un conoide bajando un plomo desde el extremo de la junta de testa para obtener la proyección en planta de la cara de lecho que separa ambas dovelas, marcando esta tirada en la cara de lecho, quitando material hasta obtener un triángulo plano, realizando la tirada curva de la testa mediante la plantilla de testa y quitando material de nuevo hasta obtener la superficie de intradós ayudándonos de una regla. Es de resaltar que en este caso no podemos decir que se dispone la cara irregular al interior, al contrario de lo que sucedía en el *Arco viaje contra cuadrado por lado fuera de simetría*, pues las caras irregulares son dos.

Con esta *traza* se cierra el grupo de los **arcos esviados** propiamente dichos, es decir, aquellos en los que el esviaje es la única dificultad. Convendrá por lo tanto hacer una recapitulación. Nos hemos encontrado en primer lugar el arco con planta de **trapecio rectángulo** en el que el lado oblicuo es una **testa**, *Arco viaje contra cuadrado por testa*. Más adelante nos encontramos con el **trapecio rectángulo** en el que el lado oblicuo es una **jamba**, *Arco viaje contra cuadrado por lado*, del que existen tres soluciones, *fuera de simetría*, *por robos*, y *por plantas al justo*; pero debe tenerse en cuenta que de la segunda a la tercera varía el trazado geométrico y la labra, pero el resultado final es el mismo. Entre uno y otro ha aparecido el **trapecio isósceles** en el que las dos testas son oblicuas pero simétricas, *Arco disminuido por testa*.

¹⁷⁵ V. p. 65.

Y también se ha iniciado la serie de los arcos con planta de **romboide**, en los que las dos testas son paralelas entre sí pero oblicuas a las jambas que también son paralelas entre sí. De éste aparecen nada menos que cinco variantes, de las cuales la más elemental es el *Arco viaje contra viaje fuera de simetría*; en el *Arco viaje contra viaje por testa* la sección por un plano perpendicular a las jambas es circular, y por tanto las testas son semielipses rebajadas; los términos se invierten en el segundo *Arco viaje contra viaje por cara*, ya que las testas son circulares y la sección por un plano ortogonal a las jambas es una semielipse peraltada. Pero en estos dos últimos arcos las juntas de intradós son paralelas a las jambas con lo que se crea un cierto **empuje al vacío** que se puede resolver disponiendo los planos de lecho como planos de canto de forma que en las impostas las juntas de intradós sean paralelas a las jambas, pero en la clave sean perpendiculares a las testas: de esta *traza* se dan dos variantes en función del procedimiento de construcción y la labra, pero que conducen al mismo resultado final, *por robos y por plantas*.

Arco disminuido y dividido en dos

Para trazar este dicho arco le formarás la planta como parece en la traza que venga a estar el un lado dividido desde la mitad de la clave y por las dos testas de afuera han de quedar con la forma que parece en el arco **A** y el lado **B** se han de sacar las plantas por caras y por lechos con el juzgo de la línea **C** como se hizo en el arco viaje contra viaje por cara a **16** planas de este libro y los lados **D** ha de ser los bolsos cuadrados y si los quisieres hacer con algún viaje entonces sacarás plantas por caras y por lechos en viaje y se ha de advertir que cuando haga más abierto y cerrado lo disminuido de este arco se han de sacar en viaje las dos testas de cada una de las plantas por caras y por lechos del lado **B** y han de ser iguales las dos testas de afuera si no causare otro viaje contrario.

Este curioso arco presenta algunos problemas difíciles [52]. En primer lugar, es posible que Aranda esté tratando de reconstruir un arco clásico del que sólo tiene referencias a través de la traducción de Alberti por Francisco Lozano:

Hay otro [arco] que imita más la natura de viga que no de arco, a éste llamamos disminuido, por no ser entero medio círculo, sino que es alguna parte cuota de él, la cuerda de éste dista del centro y está encima. Hay también arco compuesto el cual mismo unos llaman angular, otros arcos que

Figura 51. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 18.

Arco viaje contra viaje por cara fuera de simetría

se componen de dos arcos disminuidos y tiene su cuerda dos centros de líneas flechadas que se cortan entre sí.¹⁷⁶

Lozano se está refiriendo primero al arco escarzano y luego al arco apuntado, pero el pasaje es muy confuso y no es de extrañar que Aranda crea que todo el pasaje se refiere a un extraño arco que su ambición enciclopédica le lleva a recrear.

El texto nos dice que *las dos testas de afuera han de quedar con la forma que parece en el arco A* y más adelante aclara que *han de ser iguales las dos testas de afuera si no causare otro viaje contrario*; y además que *venga a estar el un lado dividido desde la mitad de la clave*. Es decir, las dos testas exteriores serán iguales y una de las testas interiores intersecta con la otra testa interior exactamente en la línea vertical que pasa por su clave.

La interpretación más simple de esto es que la «V» del arco es simétrica respecto al plano bisector de los planos en los que se alojan las dos testas exteriores. Como consecuencia de esta simetría, este plano es también bisector de los planos en los que se alojan las testas interiores; no una, sino las dos testas interiores intersectan entre sí por la línea vertical que pasa por su clave; y las aristas largas de las caras de intradós de las dovelas son perpendiculares al plano bisector antes de que se separen los arcos y perpendiculares a las testas a partir del punto de separación.

No es esa la interpretación que aparece en el dibujo, pues las aristas largas de las caras de intradós de las dovelas antes de la separación son perpendiculares a una de las testas exteriores, que consideraremos la testa posterior del arco. Esta solución simplifica las cosas aparentemente, pues sólo una de las testas de las *plantas por caras y por lechos* es oblicua a las aristas largas de estas *plantas*.

Pero sólo aparentemente, porque se produce entonces una deformación extraña; dando por hecho que la testa frontal es un arco de medio punto y el reparto del dovelaje regular, al trasladar el arco y el dovelaje a la otra testa por el procedimiento de la *definition* tercera de esta primera parte, es decir al *encoger* el arco de la testa frontal sobre un *viaje* éste se acorta y se deforma

¹⁷⁶ Leon Battista ALBERTI, *Los Diez Libros de Architectura de Leon Baptista Alberto*, Madrid, Alonso Gómez, 1582, trad. de Francisco Lozano o Ricardo Zamorano, pg. 85. Cf. Leon Battista ALBERTI, *De Re Aedificatoria*, l. III, cap. XIII, p. 235 de la ed. de Orlandi: «Est et qui trabis naturam magis quam arcus sapiat: hunc conminutum dicimus quod sit non integer semicirculus, sed sit eius quota aliqua pars; huius corda a centro distat et supra est. Est et compositus arcus, quem eundem alii angularem, alii acutum dicunt, qui ex arcubus duobus conminutis componitur, habetque sua in corda duo duarum flexarum sese mutuo secantium linearum centra».

el reparto del dovelaje. Por tanto la imagen de la clave del arco frontal en el posterior estará desplazada hacia la imposta del lado donde los arcos se unen. Pero como ambos arcos son de la misma luz, este desplazamiento ha de recuperarse antes de la primera junta de testa del lado donde los arcos se separan, pues en esa mitad el reparto del dovelaje sí es regular. En cualquier caso, la clave se ha de obtener por una construcción independiente para asegurar que las dos testas interiores tienen las mismas cotas y parecida curvatura en el punto de unión.

Podemos entender por lo tanto que Aranda está planteado un caso general, el del arco simétrico, y un caso singular: *si los quisieres hacer con algún viaje entonces sacarás plantas por caras y por lechos en viaje* que es precisamente el que está representado en el dibujo. A juicio de Aranda este arco asimétrico sólo es recomendable cuando los dos lados de la «V» forman un ángulo pequeño: *se ha de albertir que cuando haga más abierto y cerrado lo disminuido de este arco se han de sacar en viaje las dos testas de cada una de las plantas por caras y por lechos del lado B*; recordemos que en el arco simétrico las dos testas de las *plantas* son oblicuas mientras que en el asimétrico una de ellas es perpendicular. La razón de este consejo puede ser evitar las deformaciones que se producen en el arco asimétrico que serían muy perceptibles si el ángulo de los dos lados de la «V» es de cierta magnitud.

Hemos hablado de dos soluciones para este arco pero Aranda aún nos habla de una tercera: *han de ser iguales las dos testas de afuera si no causare otro viaje contrario*. Es decir, además del viaje por testa que da lugar a la disminución y separación de los arcos, podrían ser diferentes las luces de una y otra testa, con lo que tendríamos un *viaje por cara* que vendría a añadir nuevas complicaciones; pero no nos explica cómo se resolvería este caso.

La obtención de la *plantas* correspondientes a la mitad por donde los arcos se unen no presenta dificultades nuevas, pues es una variante del segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*. Para obtener las *plantas por cara* abatiremos como siempre con eje en la junta de intradós inferior de la dovela, con lo que ya tenemos los dos extremos de esta arista. Trazaremos una perpendicular a la charnela que pasa por la proyección horizontal de un extremo de la junta de intradós superior de la charnela; a continuación tomaremos la distancia entre este extremo y un extremo de la junta de intradós inferior del arco A del alzado; como los dos puntos están en la testa A, tenemos reflejada su distancia en verdadera magnitud; trazando un arco con centro en el extremo de la junta de intradós inferior,

Figura 52. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 19.

Arco disminuido y dividido en dos

donde intersecte a la recta perpendicular a la charnela tendremos el extremo de la junta de intradós superior abatido. En cuanto al cuarto vértice de la *planta por cara*, bastará trazar una paralela a la charnela por el tercer vértice; donde intersecte a la otra testa, tendremos el abatimiento del cuarto vértice. Por un procedimiento similar construiremos las *caras de lecho*; en cuanto a las dovelas del otro extremo se tallan simplemente como dovelas de un arco de medio punto.

Arco en torre redonda contra cuadrado

Para trazar este dicho arco formarás el arco semicírculo **A** este servirá para la testa del lado cuadrado **B** y le bajarás los plomos de las juntas que vayan a parar a el lado que sirve de testa redonda **C** y las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **D** tomarás el ancho de su bolsor desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño galgarás de cuadrado con la línea 3 y la que se galgare será la línea 4 y ha de desviar la planta de su cuadrado por esta dicha línea 4 desde el punto 5 al punto 6 lo que desviare la línea 7 desde el punto 8 al punto 9 y desde el punto 10 al punto 6 tirarás una circunferencia extendida que sirva de testa redonda y esta circunferencia se ha de extender de esta manera tirarás una línea reta en blanco desde el punto 9 al punto 10 y lo que desviare por su mitad la dicha línea en blanco de la circunferencia **C** eso extenderá por su mitad la dicha testa de otra línea en blanco que se echará desde el punto 10 al punto 6 y de esta manera se han de extender todas las demás testas de las plantas por caras por circunferencia concurrente y para sacar las plantas por lechos las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **E** tomarás el largo de su junta desde el punto a al punto b este tamaño lo galgarás de cuadrado con la línea c y la que se galgare será la línea d y ha de desviar la planta por la línea d desde el punto e al punto f lo que desviare la línea g desde el punto h al punto i y desde el punto l al punto f tirarás una circunferencia extendida que sirva de testa de la planta por lecho la cual dicha testa se ha de extender por circunferencia concurrente con el desvío que causare una línea tirada en blanco desde el punto l al punto i de la circunferencia **C** como se hizo en la planta por cara **D** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por

lechos y si quisieres sacar la forma que ha de tener el arco por la testa del lado redondo C lo extenderás con el altura de los plomos del arco A y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en la circunferencia C como se hizo en la difinition quarta de la primera parte figura V y si quisieres que las juntas del dicho arco extendido sean todas iguales irás echando el grueso que le quisieres dar al arco en todas las testas de las plantas por lechos y cortando las dichas plantas por aquel lugar y si no como se hizo en el arco viaje contra viaje por cara

Comienza aquí la serie de arcos en los que la dificultad viene dada por el hecho de que uno al menos de los paramentos es curvo. En este caso se trata de un arco en *torre redonda contra cuadrado*, es decir, un arco en un muro uno de cuyos paramentos es convexo y el otro plano [53]. Contra lo que podría pensarse, no es una pieza frecuente, porque en la mayoría de los casos los muros curvos lo son en ambos paramentos y porque en muchas ocasiones se insertan en un esquema radial, lo que lleva a abrir las jambas; así el arco típico de las grandes rotondas del Renacimiento y el Barroco hispánico será el *Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada*.¹⁷⁷ Más frecuente es encontrar los arcos en paramentos curvos y de jambas paralelas al eje del hueco en las torres propiamente dichas, como las del monasterio de La Espina o la catedral nueva de Cádiz.

El problema se resuelve por los medios en cierta forma análogos a los del *Arco viaje contra cuadrado por testa*¹⁷⁸ y los dos del mismo tipo que le siguen. Como en aquellos, comenzamos construyendo la testa recta; para obtener la *planta por cara* abatiremos una arista de la cara de intradós de una dovela con charnela en la otra (*tomarás el ancho de su bolsor desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño galgarás de cuadrado con la linia 3 y la que se galgare será la linia 4*) Para hallar la verdadera magnitud de la arista 2 hemos de llevarla desde su proyección 7 a su abatimiento 4 (*y ha de desviar la planta de su cuadrado por esta dicha linia 4 desde el punto 5 al punto 6 lo que desviare la linia 7 desde el punto 8 al punto 9*)

Pero al contrario de lo que pasaba en el *Arco viaje contra cuadrado por testa* y los de su familia, no podemos tomar sin más el cuadrilátero 1 10 5 6 como *planta por cara*; el lado 10 6 no es recto sino curvo ya que está situado en una superficie cilíndrica y no es paralelo a las generatrices. Por

¹⁷⁷ V. p. 121.

¹⁷⁸ V. p. 41.

Figura 53. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 20.

Arco en torre redonda contra cuadrado

tanto, para trazarlo con exactitud será necesario fijar un punto intermedio, usualmente el punto medio del segmento 1 2. Philibert dice en su «Porte ronde par le deuant, creuse par le dedans» respecto de este problema: «es necesario que tal plantilla de lecho lleve curvatura por delante, y no en línea recta: de todas formas, es tan poca cosa que no hay que preocuparse demasiado».¹⁷⁹

Aranda sí que se toma el problema en serio: para ello toma la posición relativa de la proyección de este punto medio respecto a la circunferencia del paramento (*tirarás una linia reta en blanco desde el punto 9 al punto 10 y lo que desviare por su mitad la dicha linia en blanco de la circunferencia C*) y esta distancia la lleva a su abatimiento (*eso extenderá por su mitad la dicha testa de otra linia en blanco que se echará desde el punto 10 al punto 6*) para tener el punto intermedio y poder trazar con tres puntos el lado 10 6 como si fuese un arco de círculo.

Decimos «como si fuese un arco de círculo». En realidad es un luneto cilíndrico recto, puesto que es la intersección de dos cilindros perpendiculares.¹⁸⁰ Ahora bien, hemos de recordar que lo que Aranda busca no es el desarrollo de la cara de intradós¹⁸¹ sino su proyección en un plano que le permita labrar la dovela sin desperdicio de trabajo y material, en este caso el definido por sus cuatro vértices, y la proyección de este luneto en tal plano es una elipse. Este punto quedará más claro en el *Arco en torre cavada contra cuadrado*,¹⁸² cuando comparemos el procedimiento de Aranda con el que propone Vandelvira para resolver este problema.

Dado que los ejes del cilindro de intradós y el que define el arco se cortan, el arco es simétrico en planta respecto del plano vertical que pasa por el eje del cilindro de intradós; aprovechando esta simetría nos basta con sacar la mitad de las *plantas por cara y por lecho*, reutilizándolas sin más que darles la vuelta; además, como sucedía en el *Arco disminuido por testa*,¹⁸³ los cuatro vértices de la cara de intradós de la clave están en el mismo plano, por lo que podemos obtener ésta sin más que tomar su proyección en planta.

¹⁷⁹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 74 v.

¹⁸⁰ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, pp. 77-81, 240-242.

¹⁸¹ V. p. 27.

¹⁸² V. p. 95.

¹⁸³ V. p. 45.

Aranda nos da también un medio para desarrollar el arco del paramento curvo y obtener así las plantillas para la testa de las dovelas, si es que ello es necesario: se trata del procedimiento descrito en la *definition* cuarta,¹⁸⁴ que consiste simplemente en trazar una recta sobre la que se van levantando todas las verticales correspondientes a los vértices de las caras de lecho, a distancias medidas según sus intersecciones con la circunferencia C, y sobre estas verticales colocar sus alturas medidas sobre el plano de impostas. Como decíamos al comentar la *definition*, no se trata de obtener el desarrollo exacto del arco, sino el de la poligonal inscrita, para facilitar la labra.¹⁸⁵

Realizada esta construcción, puede ser que nos encontremos con una sorpresa: las dovelas así obtenidas no son de igual grosor, especialmente si la curvatura del paramento es muy pronunciada. El problema es insoluble, puesto que si las testas de las dovelas del paramento plano son iguales, las del cilíndrico serán desiguales; y, viceversa, si son regulares las del cilíndrico, las del plano serán diferentes. Tenemos pues que optar por la regularidad en uno de los paramentos, y si optamos por igualar las testas de las dovelas del lado curvo, Aranda nos ofrece un procedimiento para regularizar las *tiranteces*, es decir, las aristas comunes a las caras de lecho y testa, que consiste simplemente en elegir a priori el grosor del arco, medir este grosor sobre las *plantas por lecho* perpendicularmente la arista inferior y recortar la *planta por lecho* para adaptarla al nuevo grosor. Es claro que se **trata de medir desde la arista inferior** y recortar el trozo de la *planta por lecho* que corresponde a parte superior de la dovela, **respetando así la arista inferior**, lo que asegura que las *plantas por lecho* recortadas encajarán con las *plantas por cara* que no hemos modificado.¹⁸⁶

Este detalle aparentemente secundario es de notable importancia, pues hasta donde llega nuestro conocimiento Aranda es el primer autor que aborda el problema. A partir de entonces, obtener testas de arcos regulares, o que parezcan regulares, en muros de paramentos oblicuos o curvos es uno de los objetivos recurrentes de la cantería. En la Francia del siglo XVII el problema se aborda de otra manera: Derand traza primero la *cimbria* del arco original y sobre esta base regulariza; De La Rue aborda de nuevo el

¹⁸⁴ V. p. 27.

¹⁸⁵ V. p. 27.

¹⁸⁶ Esta es una de las pocas excepciones a la afirmación de Sergio Luis SANABRIA, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, p. 292. según la cual «To operate within the stereotomic system, any adjustment requires construction of a new set of templates». V. también *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, p. 219.

Arco en torre redonda contra cuadrado

Figura 54. Amed-Louis Frzier, Trait de strtomie, t. III, lm. 74.

problema en la «Porte biaise en talut par testes égales»; también Frézier emplea el procedimiento en la «Porte Droite en tour ronde ou creuse» y lo extiende a otras piezas [54].¹⁸⁷

Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por testa

Para trazar este dicho arco formarás el arco semicírculo **A** este sirve para testa del lado cuadrado **B** y el lado **C** sirve de testa redonda a este dicho arco le sacarás las plantas por caras y por lechos con el desvío que hiciere el lado redonda **C** del lado cuadrado **B** por los plomos que bajaron de las juntas del arco **A** extendiéndoles las testas así a las plantas por caras como a las plantas por lechos por circunferencia concurriente como se hizo en el arco en torre redonda contra cuadrado a 20 planas de este libro y el arco que sirviere de testa para el lado **C** lo extenderás con el altura que tuvieren los plomos en el arco **A** y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en el lado **C** como se hizo en la difinition cuarta de la primera parte figura **V**

Se trata de una variante del arco anterior; el eje del cilindro del paramento se cruza con el eje del cilindro de intradós, a diferencia del *Arco en torre redonda contra cuadrado* en el que los dos ejes se cortaban [55].¹⁸⁸ De nuevo estas repeticiones nos dan otra muestra más de las intenciones didácticas del manuscrito de Aranda.

Al cruzarse y no cortarse los ejes de los dos cilindros de paramento e intradós, el arco es asimétrico en planta y no podemos limitarnos a sacar la mitad de las *plantas por cara y por lecho*, reutilizándolas sin más que darles la vuelta aprovechando la simetría bilateral del arco, como en el anterior, ni tampoco tomar la planta de la clave directamente de la proyección en planta del arco. Por el contrario, tendremos que sacar todas y cada una de las *plantas*, incluida la clave, al ser asimétrico.

El procedimiento ya lo conocemos: comenzamos construyendo la testa recta; para obtener la *planta por cara* abatimos una arista longitudinal de la

¹⁸⁷ P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 190-192; Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, p. 14; Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. III, pp. 47-51.

¹⁸⁸ V. Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie* t. I, pp. 84-88, y p. 87 de este trabajo.

cara de intradós de una dovela con charnela en la otra y para construirla en verdadera magnitud hemos de trasladarla desde su proyección en planta a su abatimiento. Dado que uno de los lados de la *planta por cara* es curvo, es preciso construir el punto medio de esta arista, tomando su distancia al paramento en la proyección y trasladándola al abatimiento para así trazar con tres puntos el lado curvo asimilándolo a un arco de círculo. Por el mismo procedimiento se obtendrían todas y cada una de las *plantas por lecho*, pues como decíamos antes, en este arco no podemos basarnos en la simetría para reducir el número de plantillas a trazar.

También podremos, si es preciso, obtener el desarrollo de la testa convexa por el procedimiento de la *definition* cuarta,¹⁸⁹ levantando cada una de las verticales correspondientes a los vértices de las caras de lecho, a las distancias que determinan sus intersecciones con la circunferencia C, y situando sobre estas verticales sus alturas que habremos medido sobre el plano de impostas. Ya vimos en la *definition*, que el objetivo de esta construcción no es obtener el desarrollo exacto del cilindro del paramento y su intersección con el arco, sino el de la superficie poliédrica inscrita en el cilindro, con el fin de facilitar la labra de las dovelas.¹⁹⁰

Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por cara

Para trazar este dicho arco formarás el arco semicírculo **A** y le bajarás los plomos de las juntas que vengán a parar al lado que sirve de testa redonda **B** y pasarás por la planta los dichos plomos a tocar al lado que sirve de testa cuadrada **C** con el viaje que hiciere la dicha planta del arco y sacarás las plantas por caras y por lechos con la línea del juzgo **D** conforme se hizo en el arco viaje contra viaje por cara a 16 planas de este libro y se han de sacar plantas por caras para todos los bolsos y por lechos para todas las juntas y extenderás las circunferencias de las testas de las plantas por caras y por lechos que sirvieren hacia la testa redonda **B** conforme se hizo en el arco en torre redonda contra cuadrado a 19 planas de este libro y les labrarás las testas a las piezas así del lado redondo como del cuadrado con la forma que tuviere el arco **A** y para labrar las dovelas de las dichas piezas será menester formar un

¹⁸⁹ V. p. 27.

¹⁹⁰ V. p. 27.

Figura 55. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 22.

Figura 56. Amedée-Louis Frézier, Traité de stéréotomie, t. I, lám. 5.

Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por testa

arco encogido en la línea del juzgo **D** como se hizo en el dicho arco viaje contra viaje por cara.

Esta *traza* recoge una nueva variante del *Arco en torre redonda* con la particularidad de que la testa plana no es perpendicular al eje de la superficie de intradós del arco [57].¹⁹¹ Comenzaremos como en las *trazas* pasadas, construyendo un arco de medio punto y bajando sus verticales hasta el lado curvo de la planta **B**. Esta operación aparentemente trivial da lugar a un problema difícil de tratar; equivale a construir el arco de medio punto en un plano paralelo a la testa plana y **proyectarlo sobre la testa curva perpendicularmente a la testa plana**.¹⁹² Esta proyección se resuelve con sencillez sin más que bajar las verticales desde el alzado del arco **A** hasta la planta de la testa curva **B** y después llevarlas hasta la testa plana **C** paralelamente a las generatrices de la superficie de intradós. Con esto Aranda consigue no sólo que la imagen del arco visto desde una dirección perpendicular a la testa plana se aproxime a una semicircunferencia, sino que logra que las cuerdas de los tramos de arco correspondientes a cada dovela sean apreciablemente iguales.

Aranda aprovecha aquí las ventajas de un modo de representación que es a la vez alzado y planta; nosotros, con nuestra sistemática distinción de proyección horizontal y vertical necesitaríamos bajar las verticales hasta la línea de impostas, llevarlas perpendicularmente a la testa plana hasta encontrar **B** y desde ahí trazar paralelas a las impostas, esto es, al eje de la superficie de intradós o las generatrices hasta intersectar con **C**. Es decir, donde Aranda hace dos operaciones para cada dovela nosotros precisamos tres.

Sin embargo Aranda no parece ser consciente de una implicación de esta corrección. Se han de obtener las *plantas por caras y por lechos* por un procedimiento derivado del que Aranda ha introducido en el segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*¹⁹³, es decir, se ha de abatir la *planta por cara* con eje en su arista inferior; el manuscrito no dice claramente de dónde se ha de tomar la distancia entre la arista superior y la inferior. Una

¹⁹¹ V. Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie* t. I, pp. 81-84.

¹⁹² V. Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie* t. I, pp. 282-283: la cuarta regla del «dessin de l'Epure» es «Abaissier des perpendiculaires de chacun des Points de division de l'Arc extérieur & de l'intérieur sur le Diamètre commun prolongué [...] pour en avoir la projection sur une ligne droite», lo que no se sigue aquí, y de ahí derivan los problemas que vamos a analizar a renglón seguido.

¹⁹³ V. p. 76.

lectura rápida podría dar a entender que esto se hace a partir de una sección recta trazada por el plano vertical que pasa por el *juzgo D*, lo que sería correcto; pero estudiando el texto con más detenimiento, todo parece indicar que se toma del arco *A*, que no puede en rigor emplearse para trazar estas *plantas*, puesto que al proyectar sobre el paramento *B* se ha deformado; por lo tanto no coincide con una sección de la superficie de intradós, ni recta ni oblicua.

En efecto, en el *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*, Aranda construía un arco de medio punto correspondiente a la testa a partir del cual obtenía las *plantas* y después de hacer esto obtenía una sección recta de la superficie de intradós; no necesitaba la sección recta para construir las *plantas* y únicamente utilizaba su intersección con la horizontal como *juzgo* para facilitar el dibujo de líneas paralelas a las impostas. Para esto utilizaba una técnica especial, que tiene su origen en la *Teórica y práctica de fortificación*, de Cristóbal de Rojas; consiste en trazar perpendiculares a las junta de intradós inferior por las proyecciones horizontales de las junta de intradós superior y situar los extremos de ésta sobre dichas perpendiculares aprovechando que podemos tomar su distancia a los extremos de las juntas de intradós inferiores del alzado. Pues bien, esta misma técnica es la que se emplea aquí, pues son evidentes las perpendiculares a las juntas de intradós, y se puede comprobar midiendo sobre el dibujo que las distancias entre los extremos superior e inferior de las juntas de intradós son iguales a sus distancias en *A*. Si Aranda hubiera empleado aquí el *juzgo* para construir las *plantas por cara y por lecho* le hubiera sido innecesario utilizar esta técnica puesto que conocía el procedimiento más sencillo del *Arco viaje contra viaje por testa*. Además de este argumento negativo, hay otro positivo: si Aranda nos dice *les labraras las testas a las piezas así del lado Redondo como del cuadrado con la forma que tuviere el arco A* es porque no es consciente de que el arco se deforma al ser proyectado sobre la testa *redonda*; dicho de otra forma, si el arco proyectado es bueno para labrar ambas testas, es bueno para obtener las *plantas por cara y por lecho*.

Lo que sucede es que Aranda no reconoce la deformación del arco *A* al ser proyectado, o mejor dicho, no le da importancia, porque en otros casos análogos emplea longitudes tomadas del arco a proyectar como si estuvieran en verdadera magnitud, sin tener en cuenta que se van a deformar al ser proyectados sobre una superficie cóncava o convexa; en cambio, en otros casos análogos, cuando dispone de la *cimbria* o serie de plantillas de testa, la emplea para tomar de ella las *tiranteces* en verdadera magnitud. Se puede argumentar que el error que comente Aranda en este

Figura 57. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 23.

Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por cara

arco es pequeño, del orden de un dedo para un arco de diez pies, pero contrasta con el cuidado que pone en trazar el arco *encogido* de la sección recta y, sobre todo, en trazar las testas curvas de las *plantas por cara y por lecho*, que se separan de la cuerda también en distancias de un dedo o menores: *extenderás las circunferencias de las testas de las plantas por caras y por lechos que sirvieren hacia la testa redonda B conforme se hizo en el arco en torre redonda contra cuadrado*.

No parece que estas inconsistencias se deban a un error de transcripción o a una distracción momentánea, pues en el *Arco en torre cavada contra cuadrado viaje por cara*¹⁹⁴ se sigue básicamente el mismo esquema y aunque el texto de esta *traza* pudiera dejar un resquicio para la duda, el del *Arco en Torre cavada contra cuadrado viaje por cara* es concluyente: *le bajaras los plomos de las juntas que vayan a parar a la circunferencia que sirve de testa cavada B*. Por tanto, parece que Aranda está siguiendo mecánicamente el esquema del segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas* sin ser consciente de que el reparto del dovelaje del arco A sufre una deformación no proporcional al ser proyectado en la testa curva B y que por tanto el arco A no se puede usar como plantilla de las testas, ni tampoco como base para trazar las *plantas por caras y por lechos*.

En cualquier caso, una vez obtenidas las *plantas por cara* tomando las longitudes de las cuerdas del arco A y trazando arcos con centro en los extremos de las juntas de intradós inferiores que intersecten a perpendiculares trazadas por las proyecciones horizontales de los extremos de las juntas de intradós superiores, queda trazar el arco *encogido* esto es, peraltado, que representa la sección recta de la bóveda. Para ello se emplea la sencilla construcción del segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas* que consiste en levantar perpendiculares al *juzgo* por sus intersecciones con las juntas de intradós, llevar sobre ellas sus alturas tomadas en el arco A y unir los puntos así obtenidos, en principio tomándolos de tres en tres con el compás como en la *difinition tercera* de esta primera parte.

Arco en torre cavada contra cuadrado

Para trazar este dicho arco en torre cavada contra cuadrado le formarás el arco semicírculo A y le bajarás los plomos de las juntas que toquen en

¹⁹⁴ V. p. 100.

el lado cuadrado **B** y pasen a tocar al lado cavado **C** y las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **D** tomarás el ancho de su bolsor desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño galgarás de cuadrado con la línea 3 y la que se galgare será la línea 4 y ha de desviar la dicha planta por aquesta línea cuatro 4 desde el punto 5 al punto 6 lo que desviare la línea 7 desde el punto 8 al punto 9 y desde el punto 6 al punto 10 tirarás una circunferencia extendida que sirva de testa cavada y esta dicha circunferencia se ha de extender de esta manera tirarás una línea recta en blanco desde el punto 9 al punto 10 y lo que desviare por su mitad la dicha línea en blanco de la circunferencia **C** eso extenderá la dicha circunferencia **D** desviándola con el dicho desvío por su mitad de una línea tirada en blanco desde el punto 10 al punto 6 y de esta manera se han de extender todas las demás testas de las plantas por caras por circunferencia concurriente y para sacar las plantas por lechos las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **E** tomarás el largo de su junta desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño lo galgarás con la línea **C** la que se galgare será la línea **d** y ha de desviar de la línea **C** la dicha planta por la línea **d** desde el punto **e** al punto **f** lo que desviare la línea **g** desde el punto **h** al punto **i** y desde el punto **l** al punto **f** tirarás una circunferencia extendida que sirva de testa de la dicha planta por lecho la cual dicha testa se ha de extender por circunferencia concurriente con el desvío que causare una línea tirada en blanco de la circunferencia **C** desde el punto **l** al punto **i** como se hizo en la planta por cara **D** y si quisieres sacar la forma que ha de tener el arco por la testa del lado cavado **C** lo extenderás con el altura de los plomos del arco **A** y con las distancias que causaren los dichos plomos en la circunferencia cavada **C** como se hizo en la difinition quarta de la primera parte figura **V**

Aranda aborda aquí el arco con una testa en un paramento curvo y otra en un paramento plano, dispuestos de forma que el eje del cilindro del paramento y el del intradós del arco se cortan y no se cruzan [58]; esta situación se da en los arcos que separan las grandes rotondas del Renacimiento andaluz, como la de la Catedral de Granada y su versión a menor escala en la Sacra Capilla del Salvador de Úbeda, las dos ligadas a Diego de Siloé, de sus naves respectivas; en el Sagrario de la Cartuja de El

Figura 58. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 25.

Arco en torre cavada contra cuadrado

Paular encontramos un sorprendente conjunto centralizado de cuatro de estos arcos, de clara ascendencia andaluza, pues los responsables de la intervención fueron el heresiarca Francisco Hurtado y los hermanos Sánchez de Rueda, tan vinculados a Priego; un ejemplo notable, derivado también de Granada, es el arco *en torre cavada* de sección mixtilínea que separaba el presbiterio y la nave de la catedral de Cádiz en el proyecto de Vicente Acero; finalmente fue ejecutado con las dos testas rectas, pero existe un notable arco *en torre cavada* en la puerta central del imafronte de la catedral [59].¹⁹⁵

El problema y la solución son los mismos del *Arco en torre redonda contra cuadrado*.¹⁹⁶ Usando la testa *cuadrada* como *juzgo*, es decir, como construcción auxiliar, abatiremos la junta de intradós 2 tomando del alzado la distancia 1 2 y obteniendo su imagen 4 cuya longitud 5 6 fijaremos teniendo en cuenta que será igual a la de la proyección horizontal del segmento abatido, es decir, 8 9. Ahora bien, 10 6 no es un segmento de recta sino un luneto cilíndrico recto que vamos a representar como arco de círculo, dado que lo que buscamos no es estrictamente el desarrollo de la cara de lecho de la dovela, sino su proyección en el plano determinado por sus cuatro vértices, como vimos en el *Arco en torre redonda contra cuadrado*.¹⁹⁷ Para ello vamos a fijar el punto medio del arco por el mismo procedimiento que empleamos allí: trazaremos la línea que une las proyecciones horizontales de los dos vértices, 9 10, y lo que se separa ésta de la superficie cóncava en su punto medio, medido paralelamente al paramento plano, será lo que se separe el arco 10 6 de su cuerda, también medido paralelamente a la *testa cuadrada* por su punto medio. Del mismo modo se han de trazar las *plantas por lecho*.

¹⁹⁵ Para Granada, v. Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1941 (2ª ed. 1983, Madrid, Xarait, p. 67); Earl E. ROSENTHAL, *The Cathedral of Granada. A Study in the Spanish Renaissance*, Princeton, Princeton University Press, 1961 (Tr. española de Juan Santana Lario, *La Catedral de Granada*, Granada, Universidad, pp. 90-91); Fernando MARIAS, *El largo siglo XVI*, p. 395; para Úbeda, Manuel GÓMEZ-MORENO Y MARTÍNEZ, *ibid.*, p. 81; Fernando CHUECA GOITIA, *Andrés de Vandelvira, arquitecto*, pp. 105-108, 110-116 de la ed. de 1995; Arsenio MORENO, *Úbeda Renacentista*, Madrid, Electa, 1993, pp. 177-179; para El Paular, René TAYLOR, *Arquitectura andaluza. Los hermanos Sánchez de Rueda*, Salamanca, Universidad de Salamanca, 1978, pp. 28-31; para Cádiz, Antonio BONET CORREA, *Andalucía Barroca*, Barcelona, Polígrafa, 1978, pp. 131-138; Delfín RODRÍGUEZ, «Tradición e innovación en la arquitectura de Vicente Acero», *Anales de Arquitectura*, 1993, pp. 36, 44. Es interesante observar que el trazado del deambulatorio opta por la solución de Longhena en la iglesia veneciana de Santa Maria della Salute y no el de Granada y Loyola, como señala acertadamente Rodríguez, pero eso no impide que el arco de triunfo se resuelva como *en torre cavada* con un cierto abocinamiento.

¹⁹⁶ V. p. 87.

¹⁹⁷ V. p. 87.

Si observamos en este y otros dibujos parecidos de Aranda la pequeñísima distancia entre la circunferencia del paramento y el segmento 10 6 nos puede hacer pensar que esta precisión no tiene relevancia práctica. En el espléndido *Arco en torre cavada* del arco triunfal de la rotonda del presbiterio de la catedral de Granada,¹⁹⁸ la diferencia entre tomar la testa recta y construir la curva es de dos dedos y medio. Puede parecer poco, pero lo cierto es que en un trabajo de la piedra tan cuidado como el que se encuentra en la catedral de Granada y en otras muchas obras del Renacimiento hispánico, dos dedos y medio de desajuste entre sillares es algo que no pasa desapercibido.

Este arco corresponde al primero de los dos arcos «en torre cavada» que se incluyen en el manuscrito de Vandelvira [60].¹⁹⁹ Este nos dice que «Las plantas de un cabo sirven al otro y lo mismo las saltarreglas, excepto si es viaje porque si es viaje es necesario sacar todas las plantas y saltarreglas». Como sucedía en el *Arco en torre redonda contra cuadrado*²⁰⁰, al ser el arco simétrico en planta nos bastará con trazar la mitad de las *plantas por cara y por lecho*, reutilizándolas sin más que darles la vuelta.

Resulta interesante analizar cómo afronta Vandelvira el problema generado por la curvatura del paramento en las *plantas por cara*. El segundo nos dice que «por ser en cercha es menester echar los medios de las dovelas con sus plomos para que vayan adulcidas las plantas y saltarreglas». Es decir, está planteando un procedimiento más directo que el de Aranda pero más laborioso en la práctica, que consiste no en hallar la distancia del lado curvo de la *planta* al paramento, sino en olvidarse del paramento y obtener directamente la posición del punto medio del lado curvo de la *planta* por el

¹⁹⁸ V. Antonio ALMAGRO GORBEA y Pedro SALMERÓN ESCOBAR, «La Catedral de Granada. Documentación y levantamientos fotogramétricos», en *La conservación del Patrimonio Catedralicio*, Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1993, pp. 99-112. La rotonda tiene un diámetro aproximado de ochenta pies; el ancho de la clave del *Arco en torre cavada* es aproximadamente un dieciseisavo del diámetro de la cúpula, esto es, cinco pies. Si llamamos x a la distancia entre la superficie interior de la rotonda y la cuerda del arco que describe la clave en planta, tenemos un triángulo rectángulo que tiene por catetos los cuarenta pies del radio de la cúpula menos x , y la mitad del ancho de la clave, dos pies y medio. Este triángulo es semejante a otro que tiene por catetos los dos pies y medio del semiancho de la clave y x . Es decir, $(40 - x) / 2,5 = 2,5 / x$. Despejando, $x = (40 - 40^2 - 4 \times 2,5 \times 2,5) / 2 = 0,156$ pies, aproximadamente dos dedos y medio.

¹⁹⁹ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 21 v.; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 58-59.

²⁰⁰ V. p. 87.

Figura 59. Arco central de la fachada de los pies de la catedral nueva de Cádiz.

Figura 60. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 21 v.

mismo procedimiento de abatimiento y traslación por el que hemos obtenido el extremo de este lado.²⁰¹

Arco en torre cavada contra cuadrado en viaje por testa

Para trazar este dicho arco en torre cavada contra cuadrado en viaje por testa le formarás el arco semicírculo **A** el cual dicho arco servirá de testa para el lado cuadrado **B** y la circunferencia **C** servirá de testa cavada para el dicho arco y para sacar las plantas por caras y por lechos las sacarás con el desvío que hiciere el lado cavado **C** del lado cuadrado **B** por los plomos que bajaron de las juntas del arco **A** extendiéndoles sus testas así a las plantas por caras como por lechos como se hizo en el arco en torre cavada contra cuadrado a 24 planas de este libro y el arco que ha de servir de testa cavada en el lado **C** lo extenderás con el altura de los plomos del arco **A** y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en el lado **C** como se hizo en la difinition quarta de la primera parte figura **V**

Este arco es una variante del anterior donde la única diferencia está en que los ejes del cilindro de intradós y del paramento cóncavo no se cortan, sino que se cruzan, dando lugar a un arco de planta asimétrica [61]. Es decir, es al *Arco en torre cavada contra cuadrado* lo mismo que el *Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por testa* era al *Arco en torre redonda contra cuadrado*.²⁰² Como en aquel caso, la única variante significativa será que habremos de obtener todas las *plantas por cara y por lechos*, en lugar de trazar las de un lado y reutilizarlas por simetría como podíamos hacer en el caso anterior; en palabras de Vandelvira, «las plantas de un cabo sirven al

²⁰¹ Ahora bien, este procedimiento admite dos interpretaciones. Una es construir el abatimiento del punto medio del tramo de arco correspondiente a cada dovela y otra construir el abatimiento del punto medio **del segmento que une los dos extremos del tramo de arco de la dovela**. El dibujo de Vandelvira no es concluyente; parece que se baja el punto medio del tramo de arco, pero no está claro si se baja para construir la *planta* o la *cimbria*, que en Vandelvira equivale al *juzgo* de Aranda. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 58 y 60, adopta en su dibujo esta interpretación, que es la literal y la que podría derivarse del dibujo de Vandelvira. Sin embargo, si realizamos para el mismo arco las tres construcciones, las dos interpretaciones posibles de Vandelvira y la de Aranda, nos encontramos que el procedimiento de Aranda arroja el mismo resultado que el abatimiento **del punto medio del segmento lineal que une los dos extremos** del tramo de arco de la dovela. Esto tiene una lógica muy clara, pues una vez más la *planta* representa el cuadrilátero formado por los cuatro vértices de la cara de intradós, que es lo que necesitamos para labrar la dovela, y no pretende desarrollar la superficie cilíndrica del intradós.

otro y lo mismo las saltarreglas, excepto si es viaje porque si es viaje es necesario sacar todas las plantas y saltarreglas».²⁰³ Contamos con una pareja de estas piezas en los Molinos Nuevos de Murcia [62], de la primera mitad del siglo XVIII; como en el caso de la catedral de Santo Domingo, el *viaje* no viene dado por irregularidades de la planta, sino por la dualidad de arcos; dicho de otro modo, el eje del cilindro del paramento está contenido en el plano de simetría de la pareja de arcos, pero los ejes de los cilindros de intradós no.

De nuevo nos encontramos con voluntad de Aranda de exponer todos los casos posibles, mucho más acusada que en Vandelvira: donde este autor describe el «Arco en torre cavada» explicando la singularidad que supone el viaje, y deja que el lector imagine por sí mismo que los arcos en paramentos convexos se resuelven del mismo modo, resolviéndolo todo con una *traza*, Aranda nos ofrece cuatro: *Arco en torre redonda contra cuadrado*, *Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por testa*, *Arco en torre cavada contra cuadrado* y *Arco en torre cavada contra cuadrado en viaje por testa*.²⁰⁴

El procedimiento es el mismo que en otras ocasiones: después de construir la testa del lado *cuadrado* abatimos la arista superior de la cara de intradós de una dovela con charnela en la arista inferior y la llevamos desde su proyección en planta a su abatimiento para obtener su verdadera magnitud. Dado que uno de los lados de la *planta por cara* es curvo, construiremos el punto medio del arco intersección del cilindro del paramento con el plano determinado por los cuatro vértices de la cara de intradós de la dovela, tomando su distancia al paramento en la proyección y trasladándola al abatimiento para así trazar con tres puntos el lado curvo asimilándolo a un arco de círculo. De la misma manera obtendremos todas las *plantas por lecho*, ya que en este arco no podemos aprovechar la simetría para reducir el número de plantillas a utilizar.

Arco en torre cavada contra cuadrado en viaje por cara

Para trazar este dicho arco en torre cavada en viaje por cara le formará el arco semicírculo **A** y le bajarás los plomos de las juntas que vayan a parar a la circunferencia que sirve de testa cavada **B** y los pasarás por la planta con el viaje que hiciere el dicho arco que vayan a parar al lado

²⁰² V. pp. 95, 90 y 87.

²⁰³ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 21 v.

²⁰⁴ V. pp. 95, 90 y 87.

Figura 61. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 27.

Figura 62. Arcos en los Molinos Nuevos de Murcia.

Arco en torre cavada contra cuadrado en viaje por testa

que sirve de testa cuadrada **C** y sacarás las plantas por caras y por lechos con el juzgo de la línea **D** conforme se hizo en el arco viaje contra viaje por cara a 16 planas de este libro y les extenderás las testas a las plantas por caras y por lechos que miraren hacia la testa del lado cavado **B** conforme se hizo en el arco en torre cavada contra cuadrado a 24 planas de este libro y se han de labrar las testas de las dichas plantas por caras y por lechos así las del lado cuadrado como del cavado con la forma que tuvieren los bolsores del arco **A** y para labrar las caras de los dichos bolsores por cuadrado será menester formar un arco encogido sobre la línea del juzgo **D** como se hizo en el dicho arco viaje contra viaje por cara a 16 planas de este libro

Este arco es equivalente al *Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por cara*, con el paramento cóncavo y no convexo [63]. No es una pieza frecuente pero puede encontrarse en la catedral nueva de Cádiz, entre girola y presbiterio, en el punto singular donde se encuentran la geometría longitudinal de la nave y la radial de la rotonda; aparece ya en el proyecto de Vicente Acero, con la concavidad del muro mucho más acusada que en la pieza finalmente ejecutada.²⁰⁵

Empezamos trazando un arco de medio punto y llevando los plomos de las juntas de testa o *tiranteces* hasta el lado curvo de la planta **B**; con esta operación lo que estamos haciendo es proyectar el arco de medio punto sobre la testa curva perpendicularmente a la testa plana, y con ello realizamos una corrección óptica por la que conseguimos que el arco visto desde una dirección perpendicular a la testa plana se asemeje a una semicircunferencia y que el reparto del dovelaje dé impresión de regularidad; pero esto complica mucho el trazado, pues el arco **A** se deforma al ser proyectado sobre el cilindro de testa y no se puede suponer que es idéntico al arco de la otra testa, como parece entender Aranda.

A continuación se obtienen las *plantas por caras y por lechos* como en otras ocasiones, abatiendo con charnela en la arista inferior de cada *cara*; los extremos de la arista superior estarán a una distancia de los extremos de la arista inferior que Aranda parece tomar del arco **A**,²⁰⁶ y en la perpendicular

²⁰⁵ V. Antonio BONET CORREA, *Andalucía Barroca*, pp. 132, 135. Para este mismo problema en la catedral de Granada, v. p. 248 de este trabajo.

²⁰⁶ V. el *Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por cara*, p. 92, donde se discutió este asunto en detalle.

a las generatrices que pasa por sus respectivas proyecciones horizontales. La operación arroja resultados inexactos por realizarla desde el arco **A**, dado que al proyectarlo sobre la testa curva ha sufrido una deformación no proporcional.

Pero Aranda no parece ser consciente de esto, pues nos dice que *se han de labrar las testas de las dichas plantas por caras y por lechos así las del lado cuadrado como del cavado con la forma que tuvieren los bolsores del arco A*. Por tanto, parece que se está aplicando de una forma mecánica el procedimiento del *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*²⁰⁷ sin tener en cuenta que la deformación sufrida por el arco **A** al ser proyectado sucesivamente sobre la testa curva **B** y de ésta a la testa plana **C** hace imposible usarlo como plantilla para la testa **C**, ni como base para la construcción de las *plantas por caras y por lechos*.

Hecho esto, queda construir la sección recta por el plano del *juzgo D*, para lo cual se puede utilizar el procedimiento expuesto en el segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas* que se basa en trazar líneas ortogonales a **D** por sus encuentros con las juntas de intradós, levantar sobre ellas sus cotas obtenidas del arco **A** y enlazar los puntos así señalados por el procedimiento delormiano de unirlos de tres en tres con el compás.²⁰⁸

Arco en torre cavada contra torre redonda

Para trazar este dicho arco en torre cavada contra torre redonda le formarás el arco semicírculo **A** y le bajarás los plomos de las juntas que toquen en la circunferencia que sirve de testa cavada **B** y pasen por la planta a tocar a la circunferencia que sirve de testa redonda **C** y para sacar las plantas por caras y por lechos se sacarán con el desvío que hiciere el lado cavado **B** del diámetro **D** por los plomos que bajaron del arco **A** extendiéndoles las testas que miraren al lado cavado como se hizo en el arco en torre cavada contra cuadrado a 24 planas de este libro y por las testas que miraren a el lado redondo se extenderán conforme se hizo en el arco en torre redonda contra cuadrado a 19 planas de este libro y el arco que ha de servir para las dos testas cavada y redonda se ha de extender con el altura de los plomos del arco **A** y con las distancias

²⁰⁷ V. p. 76.

²⁰⁸ V. p. 153 del Tomo I.

Figura 63. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 28.

Arco en torre cavada contra cuadrado en viaje por cara

que hubiere de unos plomos a otros en cualquiera de las dichas testas cavada u redonda como se hizo en la difinition quarta de la primera parte figura V.

Aranda nos presenta aquí un nuevo arco de la misma familia, el *Arco en torre cavada contra torre redonda*, es decir el que se produce cuando lo hemos de abrir en un muro curvo propiamente dicho, que tiene un paramento cóncavo y otro convexo [64]. Equivale al segundo de los dos arcos «en torre cavada» de Vandelvira [65], que Palacios denomina apropiadamente «Arco en torre cavada (y redonda)», y también a la «Porte ronde par le deuant, creuse par le dedans» de Philibert y a dos arcos de Cristóbal de Rojas que en realidad son el mismo, el «Arco en torre redondo» y el «Arco en torre cavado».²⁰⁹

Como otros arcos de esta serie, es menos frecuente en nuestro Renacimiento de lo que cabría pensar, pues en general los vanos que se abren en rotondas y tambores se trazan radialmente, lo que conduce al *Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada*.²¹⁰ Sin embargo, existen dos buenos ejemplos en la colegiata de Santa María de la Encarnación de Ronda, correspondientes a la reconstrucción del templo tras el terremoto de 1580; que resuelven el problema de abrir las portadas en dos de las singulares capillas hornacinas de planta semicircular, y toda una serie en los tres cuerpos de la «Obra Nova» o galería exterior del ábside de la catedral de Valencia, según dibujo de Gaspar Gregori, de 1556.²¹¹

La única diferencia respecto a los arcos anteriores en cuanto al método de traza es que en este caso no tenemos una testa recta que podamos utilizar para construir la otra. Por tanto habremos de hacer como en el *Arco disminuido por testa*²¹² y trazar en primer lugar la proyección de una testa sobre un plano perpendicular al eje del arco o, lo que es lo mismo, una sección recta del arco. Partiendo de este *juzgo* obtendremos las *plantas por*

²⁰⁹ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 74 v.; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 22 r.; Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 100 v. V también Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, p. 20; para Vandelvira, José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 60-61; para Rojas, José CALVO LÓPEZ, «Los trazados de cantería en la 'Teórica y práctica de fortificación' de Cristóbal de Rojas», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp. 71-72.

²¹⁰ V. p. 121.

²¹¹ Aurora MIRÓ, *Ronda. Arquitectura y Urbanismo*, Ronda, Caja de Ahorros, 1987, pp. 246-248; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 60-61; Alfonso Emilio PÉREZ SÁNCHEZ, «Arte», en *Tierras de España. Valencia*, Madrid, Noguer-March, 1985, pp. 242, 243; Joaquín BÉRCEZ y Francesc JARQUE, *Arquitectura Renacentista valenciana*, p. 90.

cara y *por lecho* como en las ocasiones anteriores, abatiendo con eje en la junta de intradós inferior de la dovela y construyendo así un lado de la *planta por cara*; llevaremos un vértice de esta *planta* desde su proyección horizontal a su abatimiento para tenerla en verdadera magnitud.

Como uno de los lados de la *planta por cara* es elíptico, construiremos el punto medio del arco intersección del cilindro del paramento con el plano determinado por los cuatro vértices de la cara de intradós de la dovela, trasladando su distancia al paramento de la proyección al abatimiento y así representamos el arco de elipse trazándolo con tres puntos, puesto que se asimila a un arco de círculo. De la misma manera obtendremos las *plantas por lecho* de una de las mitades del arco; no es necesario construirlas todas puesto que podemos aprovechar la simetría para reutilizar las *plantas por cara* y *por lecho* de un lado para el otro sin más que darles la vuelta.

Resulta interesante analizar cómo afrontan De L'Orme y Vandelvira el problema generado por la curvatura del paramento en las *plantas por cara*. Como sucedía en el *Arco en torre cavada contra cuadrado*, De L'Orme y Vandelvira utilizan un procedimiento diferente; en palabras del maestro de Sabiote, «por ser en cercha es menester echar los medios de las dovelas con sus plomos para que vayan aduclidas las plantas y saltarreglas». Dicho de otro modo, no se busca la distancia del lado curvo de la *planta* al paramento, sino que se obtiene directamente la posición del punto medio de los lados cortos de la *planta* por un procedimiento de abatimiento y traslación.

Es muy revelador comprobar que Vandelvira dice «Dirás ahora cómo, siendo el arco torre cavado y torre redonda, las plantas van al contrario que las primeras, van redondas a la parte del torre cabo y a la parte del redondo van cavadas; a lo cual has de saber que el mucho capialzo que las primeras capialzan les hace hacer este efecto». El dato confirma varias ideas que se planteaban al analizar el *Arco en torre cavada contra cuadrado*.²¹³ Por una parte, parece claro que Vandelvira está realizando su construcción a partir del punto medio del tramo de arco correspondiente a la dovela y no del punto medio de la cuerda, pues de hacerlo así obtendría los mismos resultados que Aranda.²¹⁴ A nosotros nos parece evidente que una sección

²¹² V. p. 45.

²¹³ V. p. 95.

²¹⁴ Hay que tener en cuenta que el procedimiento admite en principio dos interpretaciones. Una es construir el abatimiento del **punto medio del tramo de arco** correspondiente a cada dovela y otra construir

Figura 64. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 29.

Arco en torre cavada contra torre redonda

de un cilindro cóncavo por un plano es un recinto con un lado circular cóncavo; bien es cierto que la cara de intradós de la dovela no es un plano, pero Aranda opera con ella como si se tratara de un plano. Sin embargo, esto no estaba tan claro en el siglo XVI, pues Vandelvira obtiene testas convexas en paramentos cóncavos y viceversa en este arco, en el «Arco en torre cavada», y en el «Arco en torre cavado y redondo en viaje», y no parece que se trate de un error de transcripción, pues el texto coincide con los dibujos.²¹⁵

El dibujo de De L'Orme abre la puerta a otra interpretación bien diferente. El ancho de la plantilla de trasdós es ligeramente mayor que la cuerda del tramo de arco correspondiente a la dovela; puede entenderse que estamos ante una plantilla «de cartón o de cualquier otra cosa que se pueda doblar», como las empleadas por Derand y Gelabert; la solución es lógica porque el plano definido por las dos juntas de trasdós queda dentro de la dovela definitiva; si construimos una plantilla rígida que ocupe el plano definido por las dos juntas de trasdós y materializamos este plano, quitaremos material en exceso. Sin embargo, en la cara de intradós el ancho de la plantilla sí es igual a la cuerda del tramo de arco que corresponde a la dovela, por lo que parece que De L'Orme emplea plantillas flexibles en el trasdós y rígidas en el intradós; hay que pensar que Vandelvira, que sólo traza las *plantas* del intradós, usa plantillas rígidas.²¹⁶

el abatimiento de la **cuerda de este tramo de arco**. El dibujo de Vandelvira no es concluyente; parece que se baja el punto medio del tramo de arco, pero no está claro si se baja para construir la *planta* o la *cimbra*. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 58, interpreta en su dibujo que se abate el punto medio del tramo de arco; esta interpretación es la literal y la que podría derivarse del dibujo de Vandelvira. Si realizamos para el mismo arco las tres construcciones, las dos interpretaciones posibles de Vandelvira y la de Aranda, nos encontramos que el procedimiento de Aranda arroja el mismo resultado que el abatimiento **del punto medio de la cuerda** del tramo de arco de la dovela. Esto tiene un sentido práctico muy claro, pues una vez más la *planta* representa el cuadrilátero formado por los cuatro vértices de la cara de intradós, que es lo que necesitamos para labrar la dovela, y no pretende desarrollar la superficie cilíndrica del intradós. Pero así queda confirmada la solución de Palacios, pues los resultados de Vandelvira son completamente diferentes a los de Aranda, como hemos visto, y por tanto no puede estar abatiendo el punto medio de la cuerda, sino el punto medio del tramo de arco.

²¹⁵ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f 77 r., 78 r. y 81 v. Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 21 v., 22 r. y 22 v., estudiados por José Carlos PALACIOS en *Trazas y cortes de Cantería en el Renacimiento Español*, pp. 58-61.

²¹⁶ Al contrario de lo que sucede en De L'Orme, ni el texto de Vandelvira deja claro si el ancho de la plantilla es igual a la cuerda del tramo de arco correspondiente a la dovela, ni el dibujo permite apreciarlo a simple vista. Se han reproducido las dos construcciones posibles, la del trasdós de De L'Orme, asociada a plantillas flexibles, y la del intradós, asociada a plantillas rígidas, para los dibujos de los f. 21 v. y 22 r. del manuscrito de la Escuela de Arquitectura del *Libro de trazas de cortes de Piedras*, y en los dos casos el dibujo se acerca más a la solución de plantillas rígidas que a la de flexibles. En cualquier caso, la diferencia entre las dos soluciones es muy pequeña, dada la escala del dibujo de Sombigo.

Otro punto interesante es el que se refiere al desarrollo de las testas del arco. Dice Aranda que *el arco que ha de servir para las dos testas cavada y redonda se ha de extender con el altura de los plomos del arco A y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en cualquiera de las dichas testas cavada y redonda*. Pues bien, esto será correcto si los dos arcos que definen en planta los paramentos cóncavo y convexo se pueden obtener uno por traslación del otro, es decir, si tienen el mismo radio. Si los dos arcos tienen el mismo centro tendrán distinto radio; y en tal caso los desarrollos de las poligonales inscritas en ambas testas serán diferentes y no se podrá utilizar el desarrollo de una testa para la otra, ni mucho menos tomar indiscriminadamente *las distancias que hubiere de unos plomos a otros en cualquiera de las dichas testas cavada y redonda*.

Por otra parte, resulta curioso comprobar que en el dibujo de Vandelvira los dos arcos tienen un centro aproximadamente común.²¹⁷ Ahora bien, en el dibujo del manuscrito de Aranda **los arcos tienen sensiblemente el mismo centro**; esta disposición debería de ser la más frecuente, pues es la que corresponde a un muro circular de grosor constante, como los que se producen en torres, rotondas y tambores de cúpulas, y es la que emplea Vandelvira. Hay por lo tanto una clara disparidad entre texto y dibujo en el manuscrito de Aranda, que no percibe que los arcos no son del mismo radio y por tanto no se puede utilizar sin más la *cimbria* de una testa para la otra.

Arco en torre cavada contra torre redonda disminuido

Para trazar este dicho arco en torre cavada contra torre redonda disminuido le formarás el arco semicírculo **A** y a este dicho arco le bajarás los plomos de las juntas que toquen en la circunferencia cavada **B** y pasen por la planta a tocar a la circunferencia que sirve de testa redonda **C** y para sacar las plantas por caras y por lechos se sacaran con el desvío que hiciere el lado cavado **B** del diámetro **D** por los plomos que bajaron del arco **A** a las plantas por caras se sacarán con el desvío que hicieren los plomos que bajaron de lo bajo de las juntas y las plantas por lechos se sacaran con el desvío que hicieren los plomos que bajaron del tardos de las dichas juntas extendiéndoles las testas que miraren hacia el lado cavado como se hizo en el arco en torre cavada

Según Alonso de Vandelvira

Arco en torre cavada contra torre redonda

Según Ginés Martínez de Aranda

Figura 65. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 22.

Figura 66. Guarino Guarini, Architettura civile, trat. IV, lám. 3.

Figura 67. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 31.

Arco en torre cavada contra torre redonda disminuido

contra cuadrado a 24 planas de este libro y por las testas que miraren hacia el lado redondo se extenderán conforme se hizo en el arco en torre redonda contra cuadrado a 19 planas de este libro y los arcos que han de servir de testas de los lados cavado y redondo se han de extender con el altura de los plomos del arco A y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en las circunferencias B C como se hizo en la difinition quarta de la primera parte figura V.

Aunque su nombre no lo deje del todo claro, este arco es al *Arco en torre cavada contra torre redonda* como era el *Arco en torre cavada contra cuadrado en viaje por testa* al *Arco en torre cavada contra cuadrado*, o el *Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por testa* al *Arco en torre redonda contra cuadrado*.²¹⁸ Es decir, se trata de abrir un arco en un muro con una cara cóncava y otra convexa y hacerlo de forma que el eje del cilindro del intradós del arco se cruce y no se corte con el eje de los cilindros de los paramentos [67].

Trazaremos en primer lugar una sección recta del arco, partiendo de la cual trazaremos las *plantas por cara* y *por lecho* como siempre; abatiremos la arista superior de la cara de intradós de una dovela con charnela en la arista inferior; a continuación llevaremos su extremo desde la proyección en planta al abatimiento para así obtener su verdadera magnitud. Uno de los lados de la *planta por cara* es la intersección del cilindro del paramento con el plano de la *planta por cara*, que no es perpendicular al eje del cilindro, salvo en la clave; en el resto de los casos será un arco de elipse. Pero como en otros casos, Aranda lo asimila a un arco de círculo, para lo cual construiremos su punto medio trasladando su distancia al paramento desde la proyección al abatimiento. De la misma manera trazaremos todas las *plantas por lecho* del arco, puesto que no es simétrico en planta.

Después podemos trazar los desarrollos de las testas del arco si es necesario. Como es lógico, aquí Aranda aclara que *los arcos que han de servir de testas de los lados cavado y redondo se han de extender con el altura de los plomos del arco A y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en las circunferencias B C*, es decir, que se trata de dos testas de construcción completamente independiente.

²¹⁷ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 22 r.

²¹⁸ V. pp. 101, 99, 95, 90 y 87.

Arco en torre cavada contra torre redonda en viaje por cara

Para trazar este dicho arco en torre cavada contra torre redonda en viaje por cara le formarás el arco semicírculo **A** y le bajarás los plomos de las juntas que vayan a parar a la circunferencia que sirve de testa cavada **B** y los pasarás por la planta con el viaje que hiciere el dicho arco que vayan a parar a la circunferencia que sirve de testa redonda **C** y sacarás las plantas por caras y por lechos con el juzgo de la línea **D** conforme se hizo en el arco viaje contra viaje por cara a 16 planas de este libro y les extenderás las testas a las plantas por caras y por lechos que miraren al lado cavado conforme se hizo en el arco en torre cavada contra cuadrado a 24 planas de este libro y las testas que miraren hacia el lado Redondo las extenderás conforme se hizo en el arco en torre redonda contra cuadrado a 19 planas de este libro y para labrar las caras de los dichos bolsos por cuadrado será menester formar un arco encogido sobre la línea del juzgo **D** como se hizo en el dicho arco viaje contra viaje por cara a 19 planas de este libro.

Esta *traza* resuelve una variante del problema del *Arco en torre cavada contra torre redonda*,²¹⁹ es decir, el de abrir un arco en un muro cuyos paramentos son cilindros, cóncavo y convexo, con el mismo centro; la particularidad de esta figura es que el eje del arco se cruza y no se corta con el de los cilindros de los paramentos [68].

La *traza* es muy similar al *Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por cara*;²²⁰ se da comienzo trazando un arco de medio punto y llevando los plomos de las juntas entre dovelas hasta el paramento **B**; mediante esta operación estamos proyectando el arco de medio punto sobre la testa curva en dirección al eje de los cilindros de paramentos; el resultado es una corrección óptica por la que el arco visto en dirección al eje del cilindro del paramento se asemeja a una semicircunferencia y el reparto del dovelaje se aproxima a la impresión de regularidad. El problema de esta operación es que el arco **A** se deforma al ser proyectado sobre las testas cilíndricas, una circunstancia de la que Aranda no parecía ser consciente en el *Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por cara*.

²¹⁹ V. p. 101.

²²⁰ V. p. 92.

Figura 68. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 32.

Figura 69. Guarino Guarini, Architettura civile, l. IV, lám 3.

Figura 70. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 22 v.

Arco en torre cavada contra torre redonda en viaje por cara

A partir de ahí se obtienen las *plantas por caras y por lechos* como en otras ocasiones, abatiendo con charnela en la arista inferior de cada *cara*; los extremos de la arista superior estarán a una distancia de los extremos de la arista inferior que tomaremos del alzado **A** y en la perpendicular a las generatrices que pasa por sus respectivas proyecciones. No queda claro en el dibujo desde qué plano vertical se realiza esta operación, pero lo más práctico es hacerlo desde el *juzgo D*; lo que es incorrecto es realizar esta operación desde el arco **A**, dado que al proyectarlo sobre la testa curva éste se ha deformado.

Decíamos en el *Arco en torre redonda contra cuadrado en viaje por cara* que Aranda parece desconocer las consecuencias de esta deformación pues afirma que *les labrarás las testas a las piezas así las del lado redondo como del cuadrado con la forma que tuviere el arco A*. Sin embargo, aunque el texto de la traza que estamos comentando sigue de cerca al de aquella, precisamente esta frase no aparece. Es decir, aquí Aranda no incluye la construcción incorrecta, el uso del arco de medio punto para las plantillas de testa, pero tampoco nos ofrece la alternativa, que podría venir sencillamente de la aplicación de la *definition* cuarta²²¹, desarrollando los paramentos curvos. Se diría que Aranda ha reconocido que el uso del arco de medio punto acarrea problemas pero todavía no está seguro de tener en sus manos la solución correcta.

En cualquier caso, sólo resta trazar el arco *encogido* o peraltado que representa la sección recta por el plano del *juzgo D*, según el procedimiento introducido en el *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas* que consiste en levantar perpendiculares a **D** por sus intersecciones con las juntas de intradós, llevar sobre ellas sus alturas tomadas del arco **A** y unir estos puntos de tres en tres con el compás.

Arco abocinado

Para trazar este dicho arco abocinado le formarás el arco **A** en semicírculo este servirá para el lado ancho **B** y el arco **C** servirá para el lado angosto **D** y la línea del lado **E** servirá de cara para la planta por lecho y los dos lados de la planta **B D** servirán de testas y con esta dicha planta por lecho se han de labrar todas las juntas y para sacar la planta

por cara tomarás el largo de la línea E desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño echarás desde el punto 3 al punto 4 y desde el punto 5 al punto 6 y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por cara F para plantarla en todas las piezas de este arco.

Martínez de Aranda da comienzo con este arco a una serie de arcos *abocinados*, es decir, aquellos en los que una testa es más ancha y más alta que la otra, lo que da lugar a que la superficie del intradós sea cónica o pseudocónica, frente a los de la serie anterior en la que era casi siempre cilíndrica [71].

Este primero es el caso más sencillo: se trata de abrir un arco de esta familia en un muro recto de espesor constante, y ha de hacerse ortogonalmente al muro. Las dos testas son arcos de medio punto, la superficie de intradós es un cono circular, y su vértice está en la recta que une los centros de los dos arcos, que constituye el **eje de revolución** del cono.

El trazado del arco, no hace falta decirlo, no ofrece la menor dificultad, al ser las dos testas de medio punto; únicamente debe tenerse en cuenta que fijado el grosor de la rosca del arco en la cara A, el grosor en la cara C no es el mismo, como sucedía en la mayoría de los arcos vistos hasta ahora; por el contrario, se obtiene trazando una línea desde el extremo del semicírculo exterior de A que pase por el vértice del cono, y la intersección de esta línea con el otro paramento D nos dará el grosor de la rosca en C. La explicación de esta construcción es sencilla: las superficies de intradós y trasdós son conos con vértice común.

Al ser de revolución ambos conos, se simplifica sobremanera la obtención de las *plantas por lecho* y *por cara* para labrar las dovelas. La cara de lecho sobre la que apoya la primera dovela en la imposta, E, que se ha obtenido en la construcción del párrafo anterior, vale para cualquier *planta por lecho*, pues al ser de revolución los conos que la definen, se obtienen unas de otras por giro alrededor del eje de revolución: *la linia del lado E servirá de cara para la planta por lecho [...] y con esta dicha planta por lecho se han de labrar todas las juntas.*

También se simplifica enormemente la obtención de las *plantas por cara*. La más sencilla de obtener será la de la clave, si bien aquí no tiene sus cuatro vértices en un plano horizontal como en otras ocasiones, y por tanto,

²²¹ V. p. 27.

Figura 71. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 33.

Arco abocinado

no es exactamente igual a su proyección en planta. Pero se construye con suma facilidad si tenemos en cuenta que al ser el cono de revolución, la arista 3 4 será igual a la 1 2, que tenemos en el plano de impostas; así, bastará con abatir con charnela en D; el abatimiento de 4 estará sobre la perpendicular a D que pasa por su proyección en planta, y podemos construirlo sin más que trazar un arco con centro en 3 y radio igual a 1 2; donde este arco corte a la perpendicular a D estará el abatimiento de 4; y el de 6, no hace falta decirlo, estará en la intersección de una paralela a D que pase por el abatimiento de 4 y una perpendicular a D que pase por su proyección en planta; dado que 5 y 3 no se han desplazado en el abatimiento por estar en la charnela, tenemos construida la *planta por cara 3 4 6 5*, que servirá para todas las demás dado que se obtienen unas de otras por giro: *y quedará formada la dicha planta por cara F para plantarla en todas las piezas de este arco.*

Esta pieza es de uso más que común en la arquitectura española de todas las épocas; aparece ya en San Pedro de la Nave y es fácil encontrarlo en monumentos románicos como San Isidoro de León terminada en el primer tercio del siglo XII, San Martín de Frómista de fecha incierta, la catedral de Zamora iniciada en 1151 y muy avanzada en 1174, la colegiata de Toro entre 1160 y 1240, los monasterios de Moreruela de finales del siglo XII y Gradefes, construido entre 1177 y 1242, o la catedral de Santiago de Compostela, por poner sólo unos ejemplos;²²² en el Renacimiento, se pueden citar los de la parroquial de Manzanares, la de Oñate, la de Utrera, Santa María de Aranda, Santiago de Valladolid o el del presbiterio del Monasterio de La Espina, que forma un espectacular conjunto con dos arcos *viaje contra cuadrado por lado*. También es un arco muy frecuente en América, con ejemplos como los de la iglesia de la Merced de Antigua Guatemala, o el convento de Actopan o la iglesia de la Purísima Concepción de Zumpago de la Laguna, en México.²²³

²²² Jacques FONTAINE, *L'art préroman hispanique*, St. Léger Vauban, Zodiaque, 1973 (Tr. esp. de Victoria Bastos y Carlos Rodríguez Lafora, *El prerrománico*, Madrid, Encuentro, 1978, pp. 229-232); Elie LAMBERT, *L'art gothique en Espagne aux XIIe et XIIIe siècles*, París, 1931 (Tr. esp. de Cristina Rodríguez Salmones, *El arte gótico en España en los siglos XII y XIII*, Madrid, Cátedra, 1985, pp. 85-87); Fernando CHUECA GOITIA, *Historia de la Arquitectura Española*, Madrid, Dossat, 1965, pp. 309-310 da 1168 como fecha de inicio de Moreruela; Joaquín YARZA, *Arte y arquitectura en España 500-1250*, Madrid, Cátedra, 1987, p. 23-25, 191, 194, 257, 258, 335-338; José María de AZCÁRATE, *Arte Gótico en España*, Madrid, Cátedra, 1990, pp. 16, 21.

²²³ Ramón GUTIÉRREZ, *Arquitectura y urbanismo en Iberoamérica*, Madrid, Cátedra, 1983, pp. 107, 127 de la ed. de 1992; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 27; Juan Carlos HERNÁNDEZ NUÑEZ, y Ramón María SERRERA CONTRERAS, «Andalucía y la huella del

Lo encontramos ya en el *Cuaderno* de Villard de Honnecourt, en un hueco compuesto de dos arcos abocinados, uno más estrecho, probablemente exterior, y otro más ancho interior, con la leyenda en picado «ar chu tail'om vosure riuleie».²²⁴ Aparecen unas marcas que quizá representen proyecciones de las juntas de intradós, como en el *abocinado en torre cavada* del mismo folio, que se considera en general resuelto *por robos*; también podemos entender que se emplea este método en el arco abocinado de Villard, dicho sea con todas las reservas que hay que emplear al analizar los dibujos de este manuscrito.²²⁵

Es muy significativo comprobar que esta *traza* no aparece en el manuscrito de Alonso de Vandelvira, que la debería de conocer perfectamente ya que en Úbeda la encontramos en la iglesia de San Nicolás y el Hospital de Santiago; se puede entender que si no la incluye es por pensar que es demasiado sencilla, por no considerarla *arco dificultoso*. En cambio, si tenemos en mente la estructura del manuscrito de Aranda, vemos que encabeza una familia de ocho arcos, el que estamos estudiando y aquellos que a la dificultad del abocinamiento añaden las del *viaje por testa*, el *viaje por cara* o el hecho de abrirlos *en torre cavada*, *en torre redonda*, *en torre cavada en viaje por cara y por testa*; *en torre redonda en viaje por cara y por testa* y *en torre redonda contra torre cavada*. Nos encontramos así con una nueva manifestación, quizá la más espectacular, del carácter enciclopédico del manuscrito de Aranda, que va combinando los temas tradicionales de la cantería de dos en dos o de tres en tres para crear y resolver nuevos problemas. Así, aunque el *Arco abocinado* no presente dificultades importantes, es necesario incluirlo en el manuscrito para abrir la serie sin dejar un hueco en el encadenamiento de *trazas* en el que Aranda basa su sistema.

También resulta significativo encontrar el problema tanto en la *Teórica y práctica de fortificación* como en los manuscritos de Alonso de Guardia y de Juan de Portor y Castro [72-74];²²⁶ por una vez Aranda se separa de la

Renacimiento en Indias», en *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, p. 262.

²²⁴ VILLARD DE HONNECOURT, *Cuaderno*, lám. 39 según la numeración de Omont.

²²⁵ Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, pp. 205-207, presenta varias tentativas de reconstrucción de la pieza que van desde un dintel aparejado a algo parecido a las *puertas* de Aranda; no se percibe con claridad qué base tienen en el *Cuaderno*.

²²⁶ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 99; Alonso de GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería* (Manuscrito c. 1600. Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori ...*, Libro II, Venecia, 1566, Biblioteca Nacional de Madrid, ER/4196, f. 82 v.); Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114,

Figura 72. Cristóbal de Rojas, Teórica y práctica de fortificación, f. 100.

Figura 73. Alonso de Guardia,
Manuscrito de arquitectura y cantería.

Arco de Guardado por la parte de

Figura 74. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de arquitectura, f. 7.

línea de Rojas y presenta una solución más evolucionada. Rojas obtiene la *planta por lecho* directamente de la jamba, pero no abate la cara de intradós de la clave con charnela en la testa, sino la del salmer con eje en la jamba. Esto le lleva a emplear una construcción correcta pero más laboriosa basada en abatir una generatriz y dos secciones rectas del cono de intradós apoyándose en el vértice, por un procedimiento que se aproxima al empleado por De L'Orme y Vandelvira en las bóvedas esféricas y por Aranda en el *Arco en vuelta de horno por cara*.²²⁷ La solución de Aranda es la que se impone y la emplean Alonso de Guardia y Portor y Castro, aunque García Berruguilla vuelve a una construcción más elaborada.

Arco abocinado en viaje por testa

Para trazar este dicho arco abocinado en viaje por testa le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve de testa para el lado de la planta en viaje **B** y asimismo formarás el arco **C** en semicírculo que sirve de testa para el lado pequeño de la planta **D** y la circunferencia en blanco **E** sirve de juzgo para sacar las plantas por lechos las cuales dichas plantas por lechos las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **F** tirarás la línea en blanco que sirve de juzgo **a** que haga ángulo recto con la línea tirada en blanco **b** y toque en el punto **c** y después tomarás lo que desviare en su junta el arco **A** del arco **E** desde el punto **e** al punto **f** y este tamaño echarás en la línea en blanco **a** desde el punto **g** al punto **h** y a este dicho punto **h** tirarás la cara de la dicha planta por lecho desde el punto **i** y para sacar la testa tirarás la línea en blanco **l** que haga ángulo recto con la dicha línea **b** y toque en el punto **m** después tomarás el largo de su junta en el arco **A** desde el punto **f** al punto **n** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el dicho punto **h** y con la otra tocarás en la dicha línea en blanco **l** en el punto **o** y a este dicho punto **o** tirarás la dicha testa desde el dicho punto **h** después tomarás el largo de la línea en blanco **p** desde el punto **m** al punto **q** y esta dicha línea extenderás por línea concurriente con lo

f. 11 según la numeración superior); Juan GARCÍA BERRUGUILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, Madrid, Francisco Mojados, 1747, pp. 102-103; José CALVO LÓPEZ, «Los trazados de cantería en la 'Teórica y práctica de fortificación' de Cristóbal de Rojas», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp. 73-74.

²²⁷ V. pg. 174.

que sube más el plomo del tardos de su junta en el arco A que es el punto n que no el plomo del tardos de su junta en el arco C que es el punto r como parece en la línea extendida G y esta dicha línea G servirá de tardos de la dicha planta por lecho desde el punto o al punto s y a este dicho punto s tirarás la testa contraria desde el dicho punto i que tenga de ancho la dicha testa desde el punto i al punto s lo que tuviere de largo su junta en el arco C desde el punto r al punto t y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo y las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara H tomarás el largo de la cara de la planta por lecho I y este tamaño echarás desde el punto 1 al punto 2 y por este dicho punto 2 tirarás la línea en blanco que sirve de juzgo 3 que haga ángulo recto con la línea de la junta baja 4 después tomarás el ancho de su bolsor en el arco A desde el punto 5 al punto 6 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 7 y con la otra tocarás en la línea en blanco 3 en el punto 8 y a este dicho punto 8 tirarás la testa grande desde el dicho punto 7 después formarás la dicha planta por cara de suerte que tenga de largo desde el punto 8 al punto 9 lo que tuviere de largo la cara de la planta por lecho I desde el punto 1 al punto 10 y tenga de ancho la testa contraria desde el punto 9 al punto 11 lo que tuviere de ancho su bolsor en el arco C desde el punto 12 al punto 13 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo

En esta ocasión se trata también de un arco abocinado, pero con la particularidad de que una de las testas es perpendicular a la bisectriz de las jambas, pero la otra no [75]. Este rasgo hace que la obtención de las *plantas por cara y por lecho* sea mucho más compleja que en la *traza* anterior.

Se puede encontrar un curioso ejemplar de este «corte» en la iglesia de San Vicente Mártir en Vitoria, al fondo de la capilla de los Sarría, que además de ser *viaje por testa* es *viaje por cara*, esto es, de jambas asimétricas.²²⁸ En la literatura canteril aparece, como otros arcos abocinados especiales, en el *Cuaderno* de Juan de Portor y Castro [76].²²⁹

²²⁸ V. Julián SAMPEDRO, «Parroquia de San Vicente Mártir», *Catálogo Monumental Diócesis de Vitoria*, Vitoria, Obispado-Caja de Ahorros, 1968, t. III, p. 226, dice de la capilla que es de estilo renacimiento

Figura 75. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 35.

Arco abocinado en viaje por testa

Plantas por lecho

La construcción se inicia levantando los arcos de medio punto **A**, que se ha de proyectar sobre el paramento oblicuo, y **C**, que forma la testa recta con el mismo eje pero menor radio, ambos con sus trasdoses respectivos. Para facilitar la construcción se construye también este último en el lado contrario, el de **A**, para que sirva de *juzgo* o construcción auxiliar **E** para obtener las *plantas por lecho*. El reparto del dovelaje es bien simple: se realiza mediante un haz de planos de canto que tienen por eje el común de los dos arcos y dividen a ambos en partes iguales.

Para obtener una de las *plantas por lecho*, digamos la **F** para fijar ideas, abatiremos con eje en la recta de punta que pasa por el más bajo de sus cuatro vértices, **e**. Éste no se desplazará en el abatimiento, pero los otros tres vértices de la *planta* sí lo harán, aunque siempre dentro de un plano perpendicular a la recta de punta; basándonos en esto, para construir la imagen abatida del segundo vértice **f**, trazaremos una recta **a** perpendicular a la proyección **b** de la recta de punta de manera que pase por la proyección **c** del punto **f**; después tomaremos en el alzado la distancia **f e** entre el punto **f** y la recta de punta que pasa por **e**, y la llevamos sobre la recta **a** desde su intersección **g** con **b**, imagen abatida de la recta de punta, para obtener el punto **h**, distante **f e** de la recta **b**; este punto será la imagen abatida de **f**.

Aranda comienza la construcción del tercer vértice **n** de la *planta por lecho* por un procedimiento similar; construye la recta **l** perpendicular a **b** que pasa por la proyección **m** del tercer vértice; pero cuando se trata de situar el abatimiento no mide desde **b**, sino que toma sin más la distancia entre **f** y **n** del alzado y sitúa el punto **o** imagen de **n** a una distancia **f n** de **h**, imagen abatida de **f**. La construcción es inexacta porque **f** y **n** no están en el mismo plano frontal y por tanto su distancia en alzado no es su distancia en verdadera magnitud. No podemos pensar en un error de transcripción, pues el texto es bastante claro:

tomarás el largo de su junta en el arco A desde el punto f al punto n y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto h y con la otra tocarás en la dicha linia en blanco l en el punto o y a este dicho punto o tirarás la dicha testa desde el dicho punto h

y el dibujo es coherente con el texto pues los dos segmentos **f n** y **h o** son de igual longitud. Más bien hay que considerar que se trata de una decisión consciente de falsear la construcción de la *planta por lecho* con tal

muy avanzado y que «el 11 de Diciembre de 1582 la parroquia donó esta capilla, ya existente, a Bartolomé de Sarría y Aberia», lo que permite situarla en principio en la segunda mitad del siglo XVI.

²²⁹ Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708 (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114)

de igualar las longitudes de las juntas de testa y con ellas el grosor de la rosca del arco.

Como veremos más adelante, en otras trazas se comete el mismo error aparente: se toma la longitud de la *tirantez* de un alzado que no la representa en verdadera magnitud; pero al construir las *plantas por cara* se toma la longitud de la cuerda del tramo de arco correspondiente a la dovela de una *cimbria* o desarrollo en verdadera magnitud.²³⁰ Esto nos hace pensar que en realidad el error es deliberado: puede responder a una intención de igualar las longitudes de todas las *tiranteces* para devolver al arco el aspecto de regularidad que pierde al ser proyectado sobre un paramento oblicuo. Según nuestros hábitos mentales moldeados por la Geometría Descriptiva, las *tiranteces* próximas a la clave, casi verticales, apenas se deforman al ser proyectadas, mientras que las próximas a las impostas se alargan por la oblicuidad del muro; como resultado, la rosca del arco proyectado es más ancha en las impostas que en la clave. El error aparente de esta construcción puede ser en realidad una corrección deliberada para igualar estas *tiranteces*; ya vimos en su momento que en el *Arco en torre redonda contra cuadrado* se recortaban las *plantas por lecho* para conseguir este efecto; el problema será abordado de nuevo por Derand, De la Rue y Frézier con métodos más sofisticados.²³¹ El procedimiento expeditivo de Aranda crea algunas complicaciones. El tercer vértice no queda exactamente situado en el plano de testa, pues se desplaza a través de la línea *m l* y no a lo largo de la *tirantez*; por tanto ésta no sólo se acorta, sino que además gira alrededor de *h*; pero se debería de pensar que este efecto era menor y que se resolvía con el retundido del paramento, mientras que la disparidad de las *tiranteces* no se puede remediar de una forma tan sencilla.

Otra consecuencia de la corrección es que altera la longitud de la arista de trasdós de la *planta por lecho*, lo que hace que Aranda se embarque en una construcción innecesariamente complicada para construir el cuarto vértice, ignorando por una vez el principio de economía de los trazados. Como estamos abatiendo con eje en la recta de punta que pasa por *e*, el punto abatido de *r* no saldrá del plano *D* y podremos construirlos sin más que tomar del alzado *C* su distancia a *t*; pero Aranda no parece percibir que el punto abatido no sale de *D*, y en lugar de este sencillo procedimiento,

²³⁰ V. p. 163 del Tomo III y ss; y también p. 141 y ss. del Tomo III, donde se corrige la longitud de la testa de la dovela, y por tanto de la *tirantez*.

²³¹ P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 190-192; Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres...*, f. 14; Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. III, pp. 47-51.

Arco abocinado en viaje por testa

Plantas por cara

*Arco en Triángulo contra Cuadrado por ~~sesta~~ ^{sesta} aproximado 9/15
 de ~~plantea~~ ^{plantea}*

Figura 76. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de arquitectura, f. 9.

Aranda construye en verdadera magnitud la distancia entre el tercer y cuarto vértice; para ello, comienza tomando su proyección en planta, *m q*, y hallando la diferencia de cotas entre sus extremos; después construye por separado un triángulo rectángulo que tiene por catetos *q m* y la diferencia de cotas; la hipotenusa *G* del triángulo equivale a *r n* en verdadera magnitud. En realidad lo que ha hecho Aranda es abatir con charnela en *m q*, aunque realiza la operación en una construcción separada en bien de la claridad del dibujo. A continuación sólo nos falta trazar dos arcos, desde *o* con radio *G* y desde *i* con radio *t r*; en la intersección de los dos radios estará el cuarto vértice de la *planta por lecho* según Aranda. Según Aranda, porque aunque los radios de los arcos que lo determinan sean exactos, no es correcta la posición del punto *o*; por tanto el cuarto vértice estará ligeramente separado del plano *D*, de donde no debe salir en realidad por ser este plano perpendicular a la charnela del abatimiento. No obstante, en la mayoría de los casos prácticos el error será imperceptible.

A continuación Aranda emprende la construcción de las *plantas por cara*, aunque los cuatro vértices no son coplanares. Como en el *Arco viaje contra cuadrado por lado* parece que se intentan obtener por una combinación de abatimientos.²³² En este caso se obtiene la segunda dovela. El segmento 7 1 representa una junta de intradós inclinada, y por tanto debería ser ligeramente mayor que su proyección horizontal. Aranda no menciona esta circunstancia en el texto y la diferencia es tan pequeña que no se puede determinar con seguridad si se ha practicado o no esta corrección en el dibujo. En cambio, sí se realiza la corrección para la junta de intradós superior, tomando la longitud de la *planta por lecho* correspondiente y trazando un arco con radio igual a esta longitud y con centro en 1; donde intersecte al *plomo* que baja de 5 estará el punto 2, imagen de 5 en un primer abatimiento alrededor de *D*. A continuación se abate con eje en la junta de intradós inferior 4 para lo que se traza una perpendicular 3 a dicha junta de intradós, pasando por el punto 2 y se traza un arco de radio igual a la cuerda de la dovela 5 6; donde intersecte a 3 estará el tercer vértice 8 de la *planta por cara*. Hecho esto, podemos trazar un arco con radio igual a la longitud de la junta de intradós superior y centro en 8 y otro con centro en 11 y radio igual a la cuerda de la dovela en la otra testa, esto es, 12 13; donde intersecten ambos arcos estará el cuarto vértice de la *planta por cara*.

²³² V. p. 60.

Por tanto obtenemos una plantilla de la cara de intradós de la dovela que representa en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara, con la salvedad de la junta de intradós inferior; como hemos dicho, no se puede discernir con certeza si se ha corregido la longitud de su proyección horizontal para representarla en verdadera magnitud o no. En cambio, la plantilla no representa ni puede representar la verdadera magnitud de las dos diagonales, ya que la superficie de intradós es una reglada alabeada. Por tanto, puede ser útil para comprobar la exactitud de los lados de la cara de intradós, pero no se puede emplear en una verdadera labra *por plantas*.

Arco abocinado viaje por cara

Para trazar este dicho arco abocinado viaje por cara le formarás el arco grande **A** en semicírculo que sirve de testa para el lado de la planta **B** y asimismo formarás el arco pequeño **C** que sirve de testa para el lado de la planta **D** y la circunferencia **E** sirve de juzgo para sacar las plantas por lechos las cuales dichas plantas por lechos y por caras se han de sacar con el juzgo de las líneas en blanco que salieren en ángulo recto de las juntas que atraviesan la planta en viaje conforme se sacaron en el arco abocinado en viaje por testa a 34 planas de este libro extendiendo las líneas de los tardoses por línea concurriente conforme se hizo en el dicho arco abocinado en viaje por testa.

Nos encontramos con una nueva variante del *Arco abocinado*; en esta ocasión la dificultad no viene dada por una testa oblicua a la otra, sino por el hecho de que los dos arcos de testa no comparten el eje, sino que uno se halla desplazado respecto al otro [77]. No es un arco muy usual pero aparece ya en época prerrománica, en la cripta de San Antolín de la catedral de Palencia. Entre los textos de cantería lo encontramos en Portor y Castro [78].²³³

La construcción es de todas formas similar a la anterior, y se inicia levantando los arcos de medio punto **A**, que forma la testa más ancha y **C**, con diferente eje y menor radio, ambos con sus trasdoses respectivos. Para facilitar la construcción se levanta también este último en el lado contrario, el de **A**, para que sirva de *juzgo* o construcción auxiliar para obtener las *plantas por lecho*, pero que no se obtiene por una proyección ortogonal

²³³ Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114.

Figura 77. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 37.

Arco abocinado viaje por cara

Plantas por lecho

como en otros casos, sino por una traslación de E a lo largo de la línea que une los centros de E y A; aunque la construcción pueda parecer extraña a nuestros ojos, tiene su lógica ya que el dovelaje se reparte mediante un haz de planos que en este caso no son planos de canto sino que tienen por eje la línea horizontal oblicua que une los centros de A y C y que dividen en tramos iguales tanto a A como a C.

Para obtener las *plantas por lecho y por cara*, Aranda nos remite a la *traza* anterior; pero como veíamos en aquella, se cometían algunas imprecisiones. Para obtener una *planta por lecho* abatiremos con charnela en una recta paralela a la que une los centros de A y C y que pasa por el más bajo de sus cuatro vértices; es decir, la recta horizontal que une el vértice inferior de la *planta por lecho* con su imagen en E. Este vértice inferior no se desplazará en el abatimiento, pero sí lo harán los otros tres vértices de la *planta*, aunque siempre manteniéndose dentro de un plano perpendicular a la charnela; teniendo en cuenta esto, podemos construir la imagen abatida del segundo vértice trazando una perpendicular a la charnela que pasa por la proyección de dicho vértice, tomando en el alzado la distancia entre el primer vértice y el segundo y llevándola sobre la perpendicular a la charnela para obtener la imagen abatida de este segundo vértice.

Debe tenerse en cuenta que las perpendiculares a la charnela no son en este caso paralelas al plano de testa o, como dice Aranda, que *las cuales dichas plantas por lechos y por caras se han de sacar con el juzgo de las líneas en blanco que salieren en ángulo reto de las juntas que atraviesan la planta en viaje*. De nuevo encontramos la construcción derivada de Rojas que apareció en el *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*²³⁴ como generalización del procedimiento original de De L'Orme que obtenía las *plantas* abatiendo con charnela perpendicular a la testa.

Por el mismo método podemos obtener el tercer vértice, que estará en una perpendicular a la charnela trazada por su proyección en planta y a una distancia del segundo vértice que aquí sí podremos tomar del alzado, al contrario de lo que ocurría en el *Arco abocinado en viaje por testa*, pues A representa la testa ancha en verdadera magnitud. El cuarto vértice se puede construir de forma muy sencilla sin más que trazar una perpendicular a la charnela por su proyección en planta y tomar la distancia al alzado, sin

²³⁴ V. p. 76.

necesidad de abordar la construcción elaborada que utilizaba Aranda en la *traza* anterior.

En cuanto a las *plantas por caras*, Aranda también nos remite sin más al *Arco abocinado en viaje por testa*, pero en realidad el problema es más sencillo aquí; A y C son dos semicírculos divididos en el mismo número de partes iguales y situados en planos paralelos, por lo que las rectas que unen las divisiones de uno y otro convergen en un vértice y son las generatrices de un cono oblicuo que define el intradós, que es por tanto una superficie reglada desarrollable.

La *planta por cara* del salmer se puede obtener abatiendo con eje en la jamba, y tenemos desde el principio dos vértices; el tercer vértice se moverá dentro de un plano perpendicular a la jamba que pase por esa proyección y podemos hallarlo construyendo una perpendicular a la jamba por su proyección en planta, tomando del alzado A su distancia al plano de impostas y trazando un arco con este radio y centro en el extremo de la jamba; su intersección con la perpendicular a la jamba será el tercer vértice de la *planta por cara*. Podemos construir una aproximación a la posición del cuarto vértice tomando de la *planta por lecho* correspondiente su distancia al tercer vértice y del alzado su distancia al otro extremo de la jamba: estará situado en la intersección de dos arcos trazados con centro en el primer y tercer vértice.

Como decimos, las segundas y sucesivas dovelas presentan un problema diferente, pues la junta de intradós no es horizontal como lo era en el salmer; la consecuencia lógica de esto es que la imagen de la junta de intradós en la *planta por cara*, ha de ser mayor que su proyección horizontal. La diferencia es muy pequeña, y se aprecia en el dibujo en la tercera *planta por cara* contando desde la izquierda, pero no en la segunda. La forma más sencilla de obtenerla, y la que parece emplear Aranda, es tomar esta longitud de la *planta por lecho* correspondiente y trazar un arco con este radio con centro en uno de los extremos de la proyección horizontal de la junta de intradós; donde intersecte a una perpendicular a los planos de testa trazada por el otro extremo de la proyección de la junta de intradós estará el otro extremo de uno de los lados largos de la *planta por cara*. A partir de este momento sí parece seguir Aranda la construcción del salmer, trazando una perpendicular a la junta de intradós inferior que pase por un extremo de la proyección horizontal de la junta de intradós superior, tomando la longitud del tramo del arco A que corresponde a la dovela del alzado, trazando un arco con centro en el extremo de la junta de intradós inferior, determinando su intersección con la perpendicular

Arco abocinado viaje por cara

Plantas por cara

Plano Abozínado m. Base p. p. lantall

Figura 78. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de arquitectura, f. 7 v.

trazada anteriormente y obteniendo así el tercer vértice de la *planta*, y trazando dos arcos, uno con centro en el tercer vértice y radio igual a la longitud de la junta de intradós superior, tomada de la *planta por lecho* correspondiente, y otro con centro en el primer vértice y radio igual al tramo del arco **D** correspondiente a la dovela.

Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada

Para trazar este dicho arco abocinado en torre redonda contra torre cavada le formarás el arco grande en semicírculo **A** que sirve de testa para el lado de la planta redondo **B** y asimismo formarás el arco pequeño **C** en semicírculo que sirve de testa para el lado cavado de la planta **D** y formarás la circunferencia en blanco **E** que sirve de juzgo para sacar las plantas por lechos las cuales dichas plantas por lechos y por caras se han de sacar con el juzgo de las líneas tiradas en blanco que salieren en ángulo recto de las juntas que atraviesan la planta conforme se sacaron en el arco abocinado en viaje por testa a 34 planas de este libro extendiendo las líneas de los tardoses de las dichas plantas por lechos por línea concurriente como se hizo en el dicho arco abocinado en viaje por testa y las testas de las dichas plantas por lechos y por caras que miraren al lado redondo se extenderán conforme se hizo en el arco en torre redonda contra cuadrado a 19 planas de este libro y las que miraren hacia el lado cavado se extenderán conforme se hizo en el arco en torre cavada contra cuadrado a 24 planas de este libro.

A las dificultades derivadas del abocinamiento, esta *traza* añade el tener una testa en un paramento convexo y otra en un paramento cóncavo; es decir, trata de resolver el problema geométrico del encuentro de un cilindro y un cono [79]. En las planas 103 a 109 del manuscrito se recogen cuatro arcos *abocinados contra torre redonda o cavada*,²³⁵ es decir arcos abocinados con una testa en un paramento cilíndrico; como discutimos allí, su colocación es anómala y lo lógico sería que figuraran antes de este *Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada*, que riza el rizo al tener dos paramentos cilíndricos.

²³⁵ V. p. 240-258.

Este arco, a pesar de su complejidad, tiene una importancia notable en la arquitectura del Renacimiento. Aparece inevitablemente en las grandes rotondas; así, podemos encontrarlo en el tambor del domo escurialense [81], o hasta cuatro diferentes en el santuario de Loyola, dos entre rotonda y deambulatorio y dos en el pórtico de entrada [80].²³⁶ Por tanto, es llamativo que dentro de los textos de cantería aparezca por primera vez en el de Aranda, lo que demuestra que la combinatoria de los *Cerramientos*, que a veces puede parecer un juego gratuito, en otras ocasiones tiene una aplicación clara en la práctica, hasta el punto de hacer posible una decisión general sobre la composición en planta de todo un edificio.

Rudolf Wittkower compara la planta de Loyola con la iglesia veneciana de Santa Maria de la Salute:

la iglesia [de Loyola], proyectada sobre un plano circular con deambulatorio [...] no tiene la finura de la Salute de Longhena, entre otras cosas, porque la forma de los pilares está determinada por el radio del círculo, que hace inevitables las unidades trapeziales en el deambulatorio [...] Aunque no se puede hacer responsable a [Carlo] Fontana de los detalles, esta unión de diversas ideas en un diseño de mérito dudoso es característica del maestro de la nueva era.²³⁷

La cuestión se puede ver de otra manera; los arcos de medio punto de Longhena, que se inscriben de la tradición italiana de elementos constructivos de formas simples, le obligan a concentrar el giro de un tramo a otro en los machones, por lo que se ve obligado a estructurar el deambulatorio como una suma de unidades independientes alternativamente rectangulares y triangulares; en cambio, Fontana, que conocía perfectamente la solución veneciana según el propio Wittkower, reparte en Loyola proporcionalmente el giro entre arco y machón, lo que le permite reflejar en estos elementos la composición radial de la planta; por tanto el arte de la cantería es una potente herramienta en manos de los

²³⁶ Para Granada, v. Earl E. ROSENTHAL, *The Cathedral of Granada*, pp. 91-92 de la trad. española; para El Escorial, Manuel LORENTE JUNQUERA, «Sobre la cúpula del Escorial y sus precedentes italianos», *Archivo Español de Arte*, 1941, p. 380.

²³⁷ Rudolf WITTKOWER, *Art and Architecture in Italy 1600-1750*, Hardmondsworth, Penguin, 1958, p. 375 de la ed. de 1980 (Tr. esp. de Margarita Suárez Carreño, «Arte y arquitectura en Italia 1600/1750», Madrid, Cátedra, 1979, p. 375): «The church [...] lacks the finesse of Longhena's Salute, among others, because the shape of the pillars is determined by the radii of the circle, which makes trapezoid units in the ambulatory unavoidable [...] Even if Fontana cannot be made responsible for the details, this gathering together of diverse ideas into a design of dubious merit is characteristic for the leading master of the new era». V. también Giulio Carlo ARGAN, *L'architettura barocca in Italia*, Milán, 1957 (Trad. española de Víctor Magno Boyé, *La arquitectura barroca en Italia*, Buenos Aires, Nueva Visión, 1984, p. 31) sobre las capillas rectangulares de Sant'Andrea al Quirinale.

Figura 79. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 39.

Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada

ejecutores españoles del proyecto de Fontana para materializar sus intenciones compositivas.²³⁸

El procedimiento de trazado será el de los arcos anteriores, con las adaptaciones requeridas por la curvatura de los paramentos. Da comienzo trazando tanto el arco de medio punto A que se ha de proyectar sobre el paramento convexo como el C, que se proyecta sobre el cóncavo; como en otros casos también se levanta un *juzgo* o construcción auxiliar E, que esta vez sí es proyección de C en el plano de A; el reparto del dovelaje es muy simple pues se hace mediante un haz de planos de canto con eje en el común de A, C y el cono de intradós y que divide en partes iguales tanto a A como a C.

Una vez más el manuscrito nos remite al *Arco abocinado en viaje por testa*²³⁹ para obtener las *plantas por lecho*; abatiremos con eje en la recta de punta que pasa por el vértice inferior de una de éstas; este vértice no se moverá en el abatimiento, pero los otros tres vértices de la *planta por lecho* sí lo harán, aunque siempre dentro de un plano perpendicular a la charnela del abatimiento; para hallar la imagen abatida del segundo vértice, construiremos una recta perpendicular al eje del abatimiento que pasa por la proyección en planta del vértice y mediremos en el alzado A la distancia entre el segundo vértice y el primero ayudándonos del *juzgo* E para llevarlo sobre la recta perpendicular al eje del abatimiento desde la proyección en planta del primer vértice, con lo que obtendremos la imagen abatida del segundo vértice. Del mismo modo podríamos obtener el tercer vértice, aunque Aranda intenta situarlo basándose en su distancia al segundo; en el *Arco abocinado en viaje por testa* la operación no era correcta porque debido al esviaje de la testa los dos vértices no estaban en un plano perpendicular a la charnela; aquí tampoco lo es debido a la curvatura del paramento, aunque en la práctica la diferencia será inapreciable. El cuarto vértice se puede obtener de un modo muy sencillo midiendo su distancia al primero

²³⁸ V. Hellmut HAGER, «Carlo Fontana and the Jesuit Sanctuary at Loyola», *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, 1974, pp. 280-289; presenta un dibujo como copia dieciochesca de la planta de Fontana y la compara con un levantamiento debido a Schubert; entre uno y otro hay numerosas diferencias de detalle, pero el trazado radial de las caras de los machones se mantiene en uno y en otro; por tanto, de ese detalle sí parece que se puede hacer responsable a Fontana. V. también sobre Granada, el antecedente de la solución de Loyola, juicios muy diferentes de Earl E. ROSENTHAL, *The Cathedral of Granada*, pp. 89-90, 91-92, de la trad. española que la compara con Santa Constanza de Roma, y la catedral de Pavía, y de Manfredo TAFURI, «Il palazzo di Carlo V a Granada: architettura 'a lo romano' e iconografia imperiale», *Ricerche di Storia dell'arte*, 1987, pp. 4-26 (Tr. española de Mónica Poole Bald, en *Sobre el Renacimiento*, Madrid, Cátedra, 1995, pp. 244, 246)

²³⁹ V. p. 110.

en el alzado C y llevándolo sobre D, puesto que su abatimiento no se ha de mover de este plano, pero Aranda nos dice explícitamente que se ha de hallar *extendiendo las líneas de los tardoses de las dichas plantas por lechos por línea concurriente como se hizo en el dicho arco abocinado en viaje por testa*, es decir, construyendo la verdadera magnitud del segmento que une el tercer y cuarto vértice, construcción complicada que ha de resolverse con independencia del trazado principal y que es una excepción al principio de economía que Aranda sigue casi siempre.

En cuanto al trazado de las *plantas por cara*, es más sencillo construir la del salmer, donde se puede abatir con facilidad tomando como charnela la jamba, que la segunda y sucesivas, donde no disponemos de una línea horizontal tan a propósito. Para obtener la de la primera dovela, tenemos de salida dos vértices, que son los dos extremos de la jamba; el tercer vértice se desplazará en el abatimiento dentro de un plano perpendicular a la jamba que pase por su proyección en planta y podemos obtenerlo trazando una perpendicular a la jamba por esta proyección en planta y tomando del alzado A su distancia al plano de impostas; trazando un arco con este radio y centro en el extremo de la jamba y hallando su intersección con la perpendicular a la jamba tendremos situado el tercer vértice. El cuarto vértice podemos también construirlo con facilidad tomando de la *planta* de la primera cara de lecho su distancia al tercer vértice y del alzado su distancia al otro extremo de la jamba, situándolo así en la intersección de dos arcos trazados con centro en el primer y tercer vértice.²⁴⁰

Pero esta construcción no es válida para las segundas y sucesivas dovelas, pues la arista inferior de la *planta por cara* no es horizontal como lo era en el salmer; para resolver este problema exactamente será necesario obtener la verdadera magnitud de la junta de intradós inferior, ligeramente mayor que su proyección horizontal. Aquí esto no se aprecia en la segunda dovela, pero sí en la clave; la testa de su *planta por cara* se separa claramente del paramento B. Aranda parece hacer esto abatiendo con eje en la línea que une las intersecciones de la junta de intradós con el paramento D y aprovechando la simetría de la clave: toma la verdadera magnitud de las juntas de intradós de la *planta por lecho* correspondiente y traza arcos con radio igual a esta longitud y con centro en la intersección de las juntas de intradós con el paramento D; donde estos arcos intersecten a dos paralelas al eje del arco trazadas por las proyecciones de los extremos de las juntas de

²⁴⁰ V. el *Arco capialzado por plantas*, p. 128.

Figura 80. Arco entre rotonda y deambulatorio en la basílica de Loyola.

Figura 81. Arcos en el tambor de la basílica de San Lorenzo del Escorial.

*Arco a Bordinado entre Redondo Voz Casado 10
por planta*

*Arco a Bordinado en Bases de la Base entre Voz 3
80 2 Voz Casado a Bordinado C por planta*

Figura 82. Juan de Portor y Castro., Cuaderno de arquitectura, f. 10 y 9.

intradós correspondientes al paramento **B** estarán los otros dos extremos de la *planta por cara*.

El punto más característico de esta *traza* frente a las precedentes es que si las dimensiones del arco y la precisión de acabado requerida lo exigen se pueden construir los lados cortos de las *plantas por caras* y, más raramente, *por lechos* como un arco de círculo, obteniendo su punto medio que se separará de la cuerda tanto como se separa la cuerda de su proyección en planta de los arcos **B** y **C**, tal como se hizo en el *Arco en torre redonda contra cuadrado*²⁴¹; con el punto medio y los dos extremos de cualquiera de estos arcos podemos trazarlos fácilmente como arcos de círculo.

Encontramos esta *traza*, una vez más, en Juan de Portor y Castro,²⁴² que por una vez lleva más allá la voluntad enciclopédica de Aranda y ofrece dos soluciones, una recta y otra *en viaje* [82]. Esto nos lleva a preguntarnos si no existiría también una *traza* similar en Aranda, que habría desaparecido al cambiar el orden de las *trazas* como se analiza al estudiar el *Arco abocinado en torre cavada*.²⁴³ La hipótesis es tentadora, pues como veremos más adelante, los arcos *abocinado en torre cavada* y *en torre redonda* sí cuentan con una variante *en viaje por cara*;²⁴⁴ pero hoy por hoy no hay nada que pueda confirmarla o desmentirla.

Arco capialzado por robos

Para trazar este dicho arco capialzado por robos le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve de testa para el lado de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** en segmento menor de círculo que sirve para la testa **D** supongo que quieres labrar la pieza señalada con la **E** labrarásla primero de cuadrado con la forma que parece entre los cuatro puntos 1 2 3 4 que tenga de grueso lo que tuviere de ancho la planta y después la robarás por el lado que mirare hacia el lado **B** con el robo que parece entre los puntos 1 2 5 6 que venga a quedar la dicha pieza por el lecho bajo después de robada con las saltarreglas que causare la planta por

²⁴¹ V. p. 87; también se discuten algunas implicaciones del procedimiento en el *Arco en torre cavada contra cuadrado*, p. 95.

²⁴² Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708 (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114)

²⁴³ V. p. 239.

²⁴⁴ V. pp. 239-258.

lecho F y por el lecho alto con las saltarreglas que causare la planta por lecho G y de esta manera se han de robar todas las demás piezas.

Con este arco abre Aranda la serie de los arcos *capialzados*. Son éstos figuras intermedias entre los capialzados propiamente dichos, superficies regladas formadas por las rectas que cortan una recta y un círculo, y los arcos; así, las superficies del intradós de los arcos capialzados son regladas formadas por las rectas que pasan por un arco de medio punto - o en un caso, un arco elíptico - y un arco rebajado, en general escarzano [83]. No son en absoluto frecuentes, por lo menos tal y como los dibuja Aranda; existe uno en la catedral de Sevilla, en la sacristía de los Cálices; también se puede encontrar una variante en la que, a diferencia del modelo de Aranda, los dos arcos de testa son escarzanos, como en el interior de la puerta de acceso a la Universidad de Oñate [85], del francés Pedro Durán y algo después de 1540; también existe uno trazado con dos carpaneles y realizado en yeso en la portada de acceso a la sacristía en la Sinagoga del Tránsito toledana, obra del escultor Cristóbal de Palacios.²⁴⁵ Aunque parezca sorprendente, un problema clásico de la estereotomía francesa como es el famoso «Capialzado de Marsella» aparece prefigurado, aunque sea de una forma muy elemental todavía, en elementos de la construcción andalusí.²⁴⁶

Como sucedía en el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*,²⁴⁷ Aranda nos va a dar en primer lugar el procedimiento para labrar el *arco capialzado por robos* con el fin de explicar el concepto y ofrecer una solución sencilla, para exponer después la solución más sofisticada *por plantas*. Comienza trazando la testa de medio punto A y a continuación el arco *en segmento menor de círculo* C, es decir un arco escarzano que tiene su centro por debajo de la línea de impostas, pero siempre en el plano vertical que pasa por el eje transversal del arco. Hay que tener en cuenta que el círculo del que forma parte el arco es **ligeramente mayor** que el que contiene el semicírculo A, pues una cuerda de C ha de ser igual que el diámetro de A. De lo contrario, las jambas del arco serían divergentes, la planta trapezoidal y tendríamos un arco que además de capialzado sería abocinado.

Una vez trazados ambos arcos se reparten las dovelas con el criterio empleado en el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*. En primer

²⁴⁵ Para Oñate, v. José María CAMÓN AZNAR, *La arquitectura y la orfebrería española del siglo XVI*, Madrid, Espasa Calpe, 1959, p. 114; para Peñaranda, Fernando CHUECA GOITIA, *Arquitectura del siglo XVI*, Madrid, Plus Ultra, 1953, pp. 61, 64; para Toledo, Fernando CHUECA GOITIA, *ibid.*, p. 134, 136.

²⁴⁶ V. pp. 203-209.

²⁴⁷ V. p. 54.

Figura 83. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 40.

Arco capialzado por robos

lugar se ha de repartir en partes iguales uno de los arcos; podría pensarse que lo más lógico es repartir en partes iguales el arco de medio punto, que en general es el exterior o el más importante, pero en el dibujo de la copia que conocemos del manuscrito el que se reparte a partes iguales es el arco escarzano, siguiendo el criterio empleado en otras ocasiones.

A continuación se trazan las juntas entre dovelas de manera que formen un haz de planos que tiene por recta común el eje del arco escarzano y se representan como planos de canto por los segmentos 1 5 4, 2 6 3, etcétera. Ahora comprendemos porqué se reparte a partes iguales el arco escarzano y no el de medio punto: si hubiéramos repartido en el arco circular y tomado su centro como recta común del haz de planos, la irregularidad del dovelaje en el arco escarzano sería fortísima, mientras que con esta situación la irregularidad del arco de medio punto es apenas perceptible. Como en el caso del *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*²⁴⁸ tampoco parece preocupar a Aranda que las juntas no converjan en el eje del arco mayor A.

Al ser las juntas de lecho planos de canto, la dovela estará contenida en un sólido capaz que tiene por caras los planos de las dos testas de la dovela, los planos de las juntas de lecho y los segmentos de cilindro resultado de proyectar el intradós del arco menor y el trasdós del mayor ortogonalmente a las testas.

Primero se desbastará este sólido capaz (*labrarásla primero de cuadrado con la forma que parece entre los cuatro puntos 1 2 3 4 que tenga de grueso lo que tuviere de ancho la planta*) para tener una primera aproximación a la forma de la dovela, con cuidado de dejar creces suficientes para respetar la curvatura del arco 3 4. Para darle su forma definitiva habrá que quitar una cuña en el trasdós y otra en el intradós, aunque sólo parece preocupar a Aranda la de abajo (*después la robarás por el lado que mirare hacia el lado B con el robo que parece entre los puntos 1 2 5 6*)

Para facilitar este *robo* Aranda construye el ángulo que forma el segmento 1 5 con la recta de punta 1 por el sencillo procedimiento de abatir 1 5 con charnela en la recta de punta 1. Como el punto 1 pertenece a la recta de punta, no se moverá de su proyección horizontal 1', mientras que el punto 5 abatido estará sobre la línea B a una distancia 1 5 de la proyección de 1' sobre B; uniendo 1' con el punto 5 abatido tendremos la *saltrarregla* F que corresponde a la más baja de las juntas de lecho de la dovela; por el mismo procedimiento obtendremos la otra *saltrarregla* G

²⁴⁸ V. p. 54.

correspondiente al *lecho alto* de la dovela y que servirá también para la dovela siguiente.

Una vez desbastado el prisma mixtilíneo definido por la base 1 2 3 4, con una altura igual a la distancia entre B y D, marcaremos sobre la cara de lecho la línea 2 6 basándonos en el ángulo que forma con la recta de punta 2, es decir, el que forma la línea G con una línea perpendicular a las testas del arco. Del mismo modo, en la cara de sobrelecho podemos realizar la tirada 1 5 con ayuda de la *saltarregla* F.

A continuación robaremos material por debajo del plano definido por 1 2 5 6. Después de alcanzar este plano, seguiremos robando con cuidado hasta materializar la superficie de intradós, ayudándonos de una barra ya que se trata de una superficie reglada.²⁴⁹

Arco capialzado por plantas

Para trazar este dicho arco capialzado por plantas le formarás el arco A en semicírculo que sirve de testa para el lado de la planta B y asimismo formarás el arco C en segmento menor de círculo que sirve de testa para el lado de la planta D y circundaras la circunferencia en blanco E que sirve de juzgo para sacar las plantas por lechos las cuales sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho F tomarás en su junta lo que desvía el arco A de la circunferencia E desde el punto a al punto b y este tamaño desviarás por el lado de la planta B desde el punto C al punto d y a este dicho punto d tirarás la cara de la dicha planta por lecho F desde el punto e y con esta dicha línea y con los lados de la planta B D que sirven de testas quedará formada la dicha planta por lecho como parece entre los cuatro ángulos d c f g y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo y las plantas por caras se han de sacar de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara G tomarás el largo de la cara de la planta por lecho F desde el punto d al punto e y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 1 y con la otra tocarás en el plomo que bajo del arco A en el punto 2 y por este dicho

²⁴⁹ V. p. 222 del Tomo I y Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Madrid, Joaquín Ibarra, 1779, Tomo IX, parte 1, pp. 420-23 y fig. 230-232.

Figura 84. Arco de acceso a la cripta de la basílica de Aránzazu.

Figura 85. Trasdós del arco de acceso a la Universidad de Oñate.

Figura 86. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 42.

punto 2 tirarás la línea en blanco que sirve de juzgo 3 que haga ángulo recto con la línea (**cruz**) después tomarás el ancho de su bolsor desde el punto 4 al punto 5 con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 6 y con la otra tocarás en la línea en blanco 3 en el punto 7 y a este dicho punto 7 tirarás la testa que sirve para el arco A desde el dicho punto 6 y después formarás la dicha planta de suerte que tenga de largo desde el punto 7 al punto 8 lo que tuviere de largo la cara de la planta por lecho F desde el punto d al punto e y tenga de ancho la testa contraria que sirve para el arco C desde el punto 8 al punto 9 lo que tuviere de ancho su bolsor en el dicho arco C desde el punto 10 al punto 11 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo

Como decíamos al comentar la *traza* anterior, Aranda nos da dos soluciones para labrar el *Arco capialzado*, una más sencilla *por robos* que ya hemos visto y una de construcción más compleja pero que permite un importante ahorro de material, este *Arco capialzado por plantas* [86].

Como en la *traza* anterior, comenzará trazando la testa de medio punto A y a continuación un arco escarzano o *en segmento menor de círculo* C, con su centro por debajo de la línea de impostas y ligeramente mayor que el A. Después se reparten las dovelas de forma que queden a partes iguales en el arco escarzano y se trazan las juntas entre dovelas que formarán un haz de planos con recta común en el eje del arco escarzano, con lo que se consigue evitar una fuerte irregularidad del dovelaje en dicho arco, mientras que la deformación del arco de medio punto es apenas perceptible.

A partir de este momento, el procedimiento es completamente diferente del empleado en el arco anterior. Pasaremos a obtener las *plantas por lecho*; nos encontramos con la dificultad de que la arista inferior no es horizontal, por lo que no abatiremos alrededor de dicha arista, sino **con eje en la recta de punta que pasa por el vértice inferior de la cara de lecho**. Tendremos por tanto situado el vértice e, que no se desplaza en el abatimiento. Pero como estamos abatiendo sobre un eje perpendicular al plano de testa, los puntos situados en este plano se mantendrán en él; por tanto podemos construir fácilmente el otro vértice f del mismo lado sin más medir el grosor del arco escarzano a lo largo de la línea de junta o *tirantez* y llevarlo sobre la línea D a partir de e.

Para construir los otros dos vértices, que estarán sobre la proyección horizontal del otro plano de testa **B**, partiremos del punto auxiliar **c**. Uno de los vértices que faltan **d** estará situado a una distancia **a b** del punto **c**; y el otro distará de **d** una distancia igual al grueso del arco de medio punto. Por tanto ya tenemos los cuatro vértices **e d g f** que definen la *planta por lecho*. Del mismo modo iremos obteniendo las demás *plantas por lecho*; al ser el arco simétrico, bastará con construir las de un lado de la planta.

A continuación Aranda pasa a obtener las *plantas por cara*; como en otras ocasiones, los cuatro vértices no son coplanares, pero eso no va a ser un obstáculo para obtener unas plantillas que al menos representan en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara. El texto recoge únicamente la construcción de la *planta* correspondiente a la segunda dovela; pero la construcción del salmer es muy interesante y puede reconstruirse a partir del dibujo. Abatiremos con eje en la imposta de forma que el extremo de la junta de intradós superior correspondiente al arco escarzano llegue al plano de impostas; podemos situar este punto fácilmente porque en el abatimiento se moverá dentro del plano de testa, que es perpendicular a la charnela, y podemos obtener su distancia a ésta sin más que tomar la cuerda del tramo de arco correspondiente a la dovela. Como el abatimiento de la cuerda está en el plano de impostas y la jamba no ha salido de él, todos los puntos que estén en el plano determinado por la cuerda y la imposta estarán en este plano, y particularmente la diagonal que forma un triángulo con la cuerda y la imposta. Tenemos por tanto representados correctamente en el plano del abatimiento dos lados, tres vértices, una diagonal y un ángulo. Hasta aquí la construcción tiene muchos puntos en común con la del *Arco viaje contra cuadrado por testa*,²⁵⁰ pero ahora nos encontramos con el problema del alabeo de la cara. Nos falta por representar el cuarto vértice de la plantilla; Frézier opta por proyectarlo ortogonalmente al plano de los otros tres, pero Aranda elige una solución más sencilla: simplemente traza sendos arcos con las longitudes de los dos lados que le faltan, que toma de la cuerda del tramo de arco correspondiente a la dovela y de la arista inferior de la primera *planta por lecho* y sitúa el cuarto vértice en su intersección. Es muy significativo comprobar que este cuarto vértice sale fuera del plano de testa a causa del alabeo de la cara;²⁵¹ en un abatimiento propiamente dicho, se mantendría dentro de este plano, que es perpendicular a la charnela.

²⁵⁰ V. p. 128.

²⁵¹ Este detalle, que se puede apreciar sin ningún género de dudas, deja claro que no se está empleando la construcción del *Arco por esquina y por rincón abocinado*, v. p. 198, que consiste en obtener los vértices

Arco capialzado por plantas

Plantas por lecho

Arco capialzado por plantas

Plantas por cara

Es evidente que la *planta por cara* que ha obtenido Aranda no refleja con completa exactitud la cara de intradós de la dovela, porque no es plana; pero puede ser un instrumento de labra muy útil. Representa en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara de intradós y una de sus diagonales, como si una plantilla de cartón doblada por la diagonal y pegada a los cuatro vértices de la cara hubiera sido desplegada después. Siguiendo esta analogía, es fácil comprender que no representa en verdadera magnitud la segunda diagonal; y que sí conserva dos ángulos, precisamente los opuestos a la primera diagonal, que no se deforman al desplegar la plantilla; por el contrario, no conserva los ángulos que tienen por vértice los extremos de la primera diagonal, que sí se deforman al desdoblar nuestra plantilla de cartón.

Decimos «nuestra plantilla de cartón», pero no hay nada en el manuscrito de Aranda que la distinga del resto de plantillas empleadas, que hemos de suponer rígidas; más que imaginar que la doblamos y desdoblamos hay que pensar que gira sobre la primera diagonal durante la labra. El método sería básicamente el expuesto en otras ocasiones: se labra un sólido capaz partiendo de las plantillas de testa, se marcan sobre los planos de lecho las *saltrarreglas* y se *roba* bajo ellas la cuña de intradós, pero aquí podemos emplear la *planta por cara* para controlar el resultado y especialmente la longitud de las aristas y la posición de los vértices; obtendremos una superficie formada por dos triángulos bajo la cual podemos seguir *cavando* hasta materializar el intradós.

Veamos ahora el proceso de traza para la segunda y sucesivas dovelas. Aranda conoce las longitudes de las dos aristas largas, pues son las de las aristas inferiores de las dos *plantas por lecho* de la dovela; también puede obtener fácilmente las longitudes de las aristas cortas tomándolas de las testas; sólo le faltará un dato para definir el trapezoide que forma la *planta*. Para comenzar, toma la longitud de la junta de intradós inferior de la *planta por lecho* correspondiente y traza con este radio un arco con centro en 9; donde intersecte al *plomo* que baja de 5 estará el segundo vértice de la *planta por cara*.²⁵² A partir de ahí tomará la longitud de la arista inferior de

tercero y cuarto independientemente, pues en tal caso el cuarto vértice se mantendría dentro del plano de testas.

²⁵² Esta primera operación no se explica en el texto y apenas se aprecian sus resultados en el dibujo para la segunda dovela. Sin embargo, sí se percibe con toda claridad en la clave. Para verificar que se había realizado en los dibujos del manuscrito del Servicio Histórico Militar, se ha reproducido la construcción sobre una copia del dibujo. La construcción coincide razonablemente con el dibujo, tanto en la segunda dovela como en la clave, si se tiene en cuenta la reducida escala de este último y la precisión de los instrumentos de la época.

la *planta* del lecho alto, la llevará sobre una perpendicular a **B** trazada por la proyección horizontal de 4 como si estuviese abatiendo con eje en **D** para obtener el punto 2 y por ese punto trazará una perpendicular a la línea (**cruz**) sobre la que se situará el vértice 7 a una distancia de 6 equivalente a la cuerda de la dovela 4 5 tomada de la testa, situando el punto 8 a una distancia de 9 igual a la cuerda de la dovela tomada de la otra testa y a una distancia de 7 igual a la arista inferior de la *planta por lecho* alta. Es decir, Aranda parece realizar dos abatimientos sucesivos, uno alrededor de **D**, o mejor dicho de la paralela a **D** que pasa por 9 y un segundo giro alrededor de 6 9. La construcción no representa en verdadera magnitud la cara de intradós de la dovela, ni puede hacerlo, porque sus cuatro vértices definen un cuadrilátero alabeado, pero sí las longitudes de los cuatro lados, por lo que puede ser útil como instrumento de comprobación de la labra.

Arco capialzado en viaje por testa

Para trazar este dicho arco capialzado en viaje por testa le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve de testa para el lado de la planta en viaje **B** y asimismo formarás el arco **C** en segmento menor de círculo que sirve de testa para el lado de la planta **D** y circundarás la circunferencia en blanco **E** que sirve de juzgo para sacar las plantas por lechos las cuales dichas plantas por lechos se han de sacar de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **F** tirarás la línea en blanco que sirve de juzgo **a** que haga ángulo recto con la línea en blanco perpendicular **b** y toque en el punto **c** después tomarás en su junta lo que desvía el arco **A** de la circunferencia **E** desde el punto **d** al punto **e** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en la línea **b** en el punto **f** y con la otra tocarás en la línea en blanco **a** en el punto **g** y a este dicho punto **g** tirarás la cara de la dicha planta por lecho **F** desde el punto **i** y para sacar la testa que mira hacia el arco **A** tirarás la línea en blanco que sirve de juzgo **l** que haga ángulo recto con la dicha línea **b** y toque en el punto **m** después tomarás el largo de su junta desde el punto **e** al punto **n** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **g** y con la otra tocarás en la línea en blanco **l** en el punto **o** y a este dicho punto **o** tirarás la testa desde el dicho punto **g** después formarás la dicha planta por lecho de suerte que tenga de largo por el tardos desde el punto **o** al punto **p** lo que tuviere de largo la línea **q**

Figura 87. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 44.

Arco capialzado en viaje por testa

extendida por línea concurrente con lo que tuviere más alto el plomo **n** que no el plomo **r** y tenga de ancho la testa contraria desde el punto **p** al punto **i** lo que tuviere de largo su junta en el arco **C** desde el punto **r** al punto **s** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lecho y las plantas por cara se han de sacar como se hizo en el arco capialzado por plantas a 41 planas.

Esta *traza* es una variante de la anterior con la dificultad añadida de una testa oblicua a la otra y a las jambas [87]. De nuevo se comienza trazando un arco de medio punto **A** que ha de proyectarse sobre la testa oblicua y a continuación un arco escarzano o *en segmento menor de círculo* **C**, con su centro por debajo de la línea de impostas y ligeramente mayor que el **A**. Después se reparten las dovelas y se trazan las juntas entre dovelas que formarán un haz de planos con recta común en el eje del arco escarzano, con lo que se consigue evitar una fuerte irregularidad del dovelaje en el arco escarzano y la deformación del arco de medio punto es apenas perceptible.

Pasaremos a obtener las *plantas por lecho* mediante un procedimiento que tiene muchos puntos en común con el empleado en el *Arco abocinado en viaje por testa*.²⁵³ Como allí, nos encontramos con la dificultad de que la arista inferior no es horizontal, por lo que no abatiremos alrededor de dicha arista, sino con charnela en la recta de punta que pasa por el vértice inferior de la cara de lecho. Tendremos por tanto situada la imagen del vértice **d**, que no se desplaza en el abatimiento; el vértice **e** se desplazará en un plano perpendicular a la charnela; podemos construirlo trazando una línea **a** perpendicular a la charnela **b** que pase por la proyección **c** del punto **e**, tomando su distancia a la charnela **d e** del alzado **A** y llevándola desde ésta sobre **a** para obtener el punto **g**, que será la imagen abatida del segundo vértice de la *planta por lecho*.

Para construir el tercer vértice, Aranda comienza del mismo modo, trazando una perpendicular **l** a la charnela por la proyección **m** del tercer vértice **n**; hubiera sido sencillo emplear la misma construcción, pero Aranda recurre a tomar la distancia **n e** del alzado, y situar el tercer vértice de la *planta por lecho* **o** sobre **l** y distando **n e** del segundo vértice **g**. La construcción es inexacta porque **n** y **e** no están sobre un mismo plano paralelo al del alzado y por tanto la distancia en la *montea* no está

²⁵³ V. p. 110.

representada en verdadera magnitud; pero probablemente se deba a una intención consciente de igualar la longitud de las juntas de testa y con ellas el grosor de la rosca del arco, como sucedía en el *Arco abocinado en viaje por testa*.²⁵⁴

El cuarto vértice podría ser construido fácilmente sin más que llevar la distancia *s r* sobre *D* desde *i*, pues *D* es perpendicular a la charnela, pero Aranda elige el camino más complicado de *extender por linia concurriente*, esto es, hallar la verdadera magnitud del segmento *n r*, como hizo en el *Arco abocinado en viaje por testa*.²⁵⁵ Al contrario de lo que sucedía en el arco anterior, este no es simétrico y será preciso construir todas las *plantas por lecho*.

Frente a tantas indicaciones para construir las *plantas por lecho*, a la hora de obtener las *plantas por cara* Aranda nos remite sin más al *Arco capialzado por plantas*. Veamos en primer lugar el proceso de traza para la segunda y sucesivas dovelas. La construcción no está clara, pues allí Aranda conocía las longitudes de las dos aristas largas, que eran las aristas inferiores de las dos *plantas por lecho* de la dovela; también podía obtener sin dificultades las longitudes de las aristas cortas tomándolas de las testas y sólo le faltaba un dato para definir el trapezoide que forma la *planta por cara*. Este procedimiento no se puede aplicar sin más en el caso que nos ocupa, pues no es tan fácil conocer la longitud de la arista corta correspondiente a la testa esviada, que ya no se puede tomar directamente del alzado porque *A* es una proyección que no representa a la testa en verdadera magnitud; la dificultad puede vencerse desarrollando *A*, pero Aranda no nos dice nada al respecto; al contrario, si al construir las *plantas por lecho* tomó del alzado sin más la distancia entre *e* y *n*, aquí no hay razones para pensar que haga otra cosa. Tampoco puede emplearse para el salmer la construcción que se empleaba en el *Arco capialzado por plantas* y que conducía a una plantilla que representaba en verdadera magnitud cuatro lados y una diagonal, pues todo hace pensar que la longitud de uno de los cuatro lados está falseada al tomarla del alzado y no del desarrollo al que Aranda no se refiere en ningún momento.

²⁵⁴ V. p. 113.

²⁵⁵ V. p. 110.

Arco capialzado en viaje por cara

Para trazar este dicho arco capialzado en viaje por cara le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve para testa del lado de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** en segmento menor de círculo que sirve de testa para el lado de la planta **D** y circundarás la circunferencia en blanco **E** con el cintrel del arco **C** ésta sirve de juzgo para sacar las plantas por lecho las cuales dichas plantas por lecho las sacarás con el juzgo de las líneas tiradas en blanco que hagan ángulo recto con las juntas que atraviesan la planta en viaje como se hizo en el arco capialzado en viaje por testa a 43 planas de este libro y las plantas por cara las sacarás conforme se hizo en el arco capialzado por plantas a 41 planas de este libro extendiendo los tardoses de las plantas por lechos por línea concurriente como se hizo en el dicho arco capialzado viaje por testa labra los bolsos por una parte y otra con la forma que tuvieren los bolsos de los arcos **A C** y de unas testas a otras las labrarás a regla plantando la regla de cuadrado que vengan a quedar por las caras engauchidos.

Se trata de una nueva variante del *Arco capialzado* pero esta vez no se trata de una testa oblicua a la otra y a las jambas, sino de dos testas paralelas entre sí pero oblicuas a las jambas [88].

A pesar de ello, el procedimiento es análogo en algunos puntos. Se comienza trazando el arco de medio punto **A** que forma una de las testas y a continuación un arco escarzano o *en segmento menor de círculo C*, con su centro por debajo de la línea de impostas y ligeramente mayor que el **A**, que representa la otra testa. Se ha de trazar también una imagen **E** de **C** en el alzado que representa **A**, para que sirva de *juzgo* o construcción auxiliar, pero que no se obtiene por una proyección ortogonal como en otros casos, sino por traslación de **C** a lo largo de la línea que une los centros de **C** y **A**; como sucedía en el *Arco abocinado viaje por cara*.²⁵⁶ La construcción es bastante lógica ya que el dovelaje se reparte mediante un haz de planos que no son planos de canto sino que tienen por eje la línea horizontal que pasa por el centro de **C** y por un punto situado en la vertical del centro de **A**; pero al contrario de lo que sucedía en aquél, los planos dividen en partes iguales a **C** pero no a **A**. Con ello se consigue evitar una fuerte irregularidad

²⁵⁶ V. p. 118.

del dovelaje en el arco escarzano y en cambio la deformación del arco de medio punto es apenas perceptible.

A continuación pasaremos a obtener las *plantas por lecho*; nos encontramos con la dificultad de que la arista inferior no es horizontal, por lo que no abatiremos alrededor de dicha arista, sino con charnela en la recta paralela a las jambas que pasa por el vértice inferior de la cara de lecho. Tendremos por tanto situado un vértice que no se desplace en el abatimiento; el segundo vértice se desplazará en un plano perpendicular a la charnela y podemos construirlo trazando una línea perpendicular a ésta que pase por la proyección de este segundo vértice, tomando su distancia a la charnela del alzado A y llevándola desde ésta sobre la recta perpendicular a la charnela para obtener la imagen abatida del segundo vértice de la *planta por lecho*. Tenemos por lo tanto, una nueva aplicación de la construcción que Aranda expone en el segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas* para abatir con eje en rectas oblicuas al plano del alzado.²⁵⁷

Para construir el tercer vértice, Aranda traza una perpendicular a la charnela por la proyección horizontal de dicho vértice y toma la distancia entre el segundo vértice y el tercero del alzado A, con lo que construirá el tercer vértice de la *planta por lecho* sobre la perpendicular a la charnela y a la distancia del segundo vértice que ha tomado del alzado.

El cuarto vértice podría ser construido fácilmente basándose en su distancia al primero, que se puede tomar del alzado C, pero Aranda de nuevo nos propone que lo obtengamos *extendiendo los tardoses de las plantas por lechos por linia concurriente*, esto es, construyendo en verdadera magnitud el segmento que une el tercer y el cuarto vértice.

También aquí nos remite Aranda al *Arco capialzado por plantas*²⁵⁸ para construir las *plantas por cara*. Como estudiamos en su momento, allí Aranda exponía una construcción para la segunda y posteriores dovelas, pero el dibujo reflejaba otra, más sencilla y práctica, para los salmeres, que no se describía por escrito. Aquí no se puede emplear estrictamente la misma construcción, porque las jambas no son perpendiculares a las testas, pero cabe pensar que si allí se empleaba la del *Arco viaje contra cuadrado por lado*, aquí se emplea la del *Arco viaje contra viaje por cara por plantas y por robos*. Es decir, se abate con charnela en la imposta, trazando una perpendicular a ésta por la proyección horizontal de uno de los extremos de

²⁵⁷ V. p. 76.

²⁵⁸ V. p. 126.

Figura 88. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 45.

Arco capitalizado en viaje por cara

Plantas por lecho

la junta de intradós superior; el punto abatido de este extremo estará en la perpendicular y a una distancia del extremo de la jamba que esta vez sí podemos tomar del alzado con exactitud. Tenemos así representados tres vértices y una diagonal de la *planta por cara* en verdadera magnitud; ahora podemos trazar arcos con radios iguales a la verdadera magnitud de la otra cuerda del tramo de arco correspondiente a la dovela y de la junta de intradós superior, que podemos tomar de la *planta por lecho*, y centros en el otro extremo de la jamba y en el extremo que hemos hallado antes de la junta de intradós superior; en su intersección estará el cuarto vértice de la *planta por cara*, que como en otros casos de salmeres de intradós alabeado, representará correctamente los cuatro lados y una diagonal, mientras que falseará necesariamente la segunda diagonal, precisamente por el alabeo de la cara, que Aranda conoce perfectamente.²⁵⁹

En lo que se refiere a la segunda y posteriores dovelas, Aranda empleaba en el *Arco capialzado por plantas* dos abatimientos sucesivos, uno alrededor de un paramento, y otro alrededor de la junta de intradós abatida en el primero. Aquí se puede emplear el mismo procedimiento sin variaciones significativas; se puede tomar la longitud de la junta de intradós inferior de la *planta por lecho* correspondiente y trazar con ese radio un arco con centro en uno de los extremos de la junta de intradós; donde intersecte al *plomo* que pasa por el otro extremo estará el segundo vértice de la *planta por cara*.²⁶⁰ A continuación podemos tomar la longitud de la junta de intradós superior de su *planta por lecho* y llevarla del mismo modo sobre una perpendicular a **B** trazada por la proyección horizontal de uno de los extremos de dicha junta de intradós, como si estuviéramos abatiendo con eje en **D**; por el punto así obtenido trazaremos una perpendicular a la junta de intradós inferior sobre la que se situará el tercer vértice de la *planta por cara* a una distancia del segundo vértice equivalente a la cuerda de la dovela tomada del alzado, que aquí sí la representa en verdadera magnitud.

Para situar el cuarto vértice bastará trazar dos arcos, uno con radio en el tercer vértice y radio igual a la longitud de la junta de intradós superior y

²⁵⁹ No se puede descartar que la construcción empleada sea la del *Arco por esquina y por rincón abocinado*, v. p. 198, que obtiene el cuarto vértice de forma independiente, con lo que conserva la longitud de tres lados, pero falsea el cuarto.

²⁶⁰ Esta primera operación no se explica en el texto y apenas se aprecian sus resultados en el dibujo para la segunda dovela. Sin embargo, sí se percibe con toda claridad en la clave. Para verificar que se había realizado en los dibujos del manuscrito del Servicio Histórico Militar, se ha reproducido la construcción sobre una copia del dibujo. La construcción coincide razonablemente con el dibujo del Servicio Histórico Militar, tanto en la segunda dovela como en la clave, si se tiene en cuenta la reducida escala de este último y la precisión de los instrumentos de la época.

otro con centro en el primero y radio igual a la cuerda de la dovela correspondiente, tomada igualmente del alzado. La construcción no representa en verdadera magnitud la cara de intradós de la dovela, ni puede hacerlo, porque sus cuatro vértices definen un cuadrilátero alabeado, pero sí las longitudes de los cuatro lados, por lo que puede ser útil como instrumento de comprobación de la labra.

Arco por arista en la cara

Para trazar este dicho arco por arista en la cara formarás el arco **A** en semicírculo este servirá para las testas **B** y asimismo formarás la circunferencia **C** que es el arista que ha de llevar por la mitad de la cara en el derecho de la línea **D** supongo que quieres labrar la pieza **E** la labraras primero de cuadrado con la forma que tuviere entre los cuatro puntos **1 2 3 4** que tenga de grueso lo que tuviere de ancho la planta del dicho arco y después la robarás por entrambas testas con el robo que parece entre los números **1 2 5 6** que venga a quedar después de robada por el lecho bajo con la forma que tuviere la planta por lecho **F** y por el lecho alto quedará con la forma que tuviere la planta por lecho **G** y de esta manera se han de robar todas las demás piezas.

Esta *traza* resuelve el problema de un arco de medio punto cuyo intradós no es cilíndrico, sino que está formado por dos superficies que pasan por una *arista* común, formando una sección en «V»; este intradós equivale al de dos arcos *capialzados*²⁶¹ unidos simétricamente de forma que la embocadura más baja se disponga hacia el interior del arco compuesto resultante [89]. En esta *traza* y las sucesivas para mayor claridad, resaltaremos en cursiva la voz *arista* cuando la usemos en el sentido de Aranda, como *arista* del arco, y no cuando la empleemos en el sentido moderno, como arista de una cara de una dovela.

Aranda resuelve la construcción *por robos*, mientras que en el *Arco capialzado* la resolvía tanto *por robos* como *por plantas al justo*. En este arco el cilindro del trasdós es de eje horizontal, al contrario de lo que sucedía en el *Arco capialzado*, lo que hace que el desperdicio de trabajo y material que

²⁶¹ V. p. 121 y ss.

Arco capialzado en viaje por cara

Plantas por cara

Figura 89. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 46.

conlleve el procedimiento *por robos* sea menor; tal vez por eso Aranda no expone el procedimiento *por plantas al justo* para este arco.

La construcción será análoga a otras construcciones *por robos*. Comenzaremos trazando la planta entre las dos embocaduras **B**, el arco **A E** y la *arista* **C**, repartiendo el dovelaje de forma que el arco quede dividido en partes iguales por un haz de planos de canto que pasan por el eje que une los centros de los arcos de embocadura.

Para labrar un *bolsor*, supongamos que el segundo, comenzaremos labrando una dovela ordinaria de arco de medio punto, definida en la testa por los puntos **3** y **4**, que corresponden a la intersección de dos de los planos de canto con el cilindro del trasdós; y por los puntos **1** y **2**, que se obtienen proyectando la *arista* **C** sobre el plano de la embocadura y obteniendo la intersección de la proyección con los dos planos de canto. En palabras de Aranda *la labrarás primero de cuadrado con la forma que tuviere entre los cuatro puntos 1 2 3 4 que tenga de grueso lo que tuviere de ancho la planta del dicho arco*.

Tenemos por lo tanto labrada la dovela, pero ahora será preciso *robar* dos cuñas por su parte inferior para darle forma de «V». Para ello necesitamos contar con una plantilla para cada una de las caras de lecho de la dovela; obtendremos la de la cara de sobrelecho abatiendo el triángulo formado por el punto intersección de la cara con la *arista* y los dos puntos **1** y **5**. La operación no requiere más que tomar esta medida del alzado y llevarla a la planta; del mismo modo obtendremos la plantilla para la cara de lecho propiamente dicha, abatiendo el triángulo formado por los puntos **6** y **2** y por la proyección de este último en la testa. Se ha producido un avance pequeño pero significativo desde el *Arco capialzado por robos*, pues allí lo que obteníamos era una *saltarregla*, es decir, una arista de la cara de lecho, mientras que aquí obtenemos dos *saltarreglas* que dan lugar a un embrión de plantilla.

La labra no tendrá ningún tipo de dificultades, pues una vez desbastada una dovela de perfil **1 2 3 4** bastará con realizar en cada cara de lecho de la dovela el trazo que une la *arista* con los puntos **5** y **6** y en la cara de testa el arco que une ambos puntos, a partir de lo cual robaremos hasta alcanzar el plano definido por estos dos puntos y los dos extremos de la *arista*, y a continuación, seguiremos quitando material con cuidado hasta materializar

la superficie del intradós, ayudándonos de una regla dado que se trata de una superficie reglada.²⁶²

Arco por arista en la cara en viaje

Para trazar este dicho arco por arista en la cara en viaje le formarás el arco **A** en semicírculo y asimismo le formarás la circunferencia **B** que sirve de arista y a esta dicha circunferencia le bajarás los plomos que vayan a parar al diámetro **C** y los pasarás por la planta con el viaje que hiciere y le sacarás las plantas por caras y por lechos con el juzgo de la línea **D** como se hizo en el arco viaje contra viaje por cara y por plantas a 16 planas de este libro y en las plantas por caras formarás por su mitad con el viaje que cada una tuviere sus aristas para que desde ellas haya división a una parte y otra hacia las testas como parece en las líneas **E** y en las plantas por lechos formarás segunda vez las plantas por lechos para plantarlas al justo con los robos que hubiere entre la circunferencia **B** y el arco **A** como parece en las plantas por lecho **F** y les robarás las piezas conforme se hizo en el arco por arista en la cara a 47 planas de este libro

Esta *traza* es una variante de la anterior para el caso del arco esviado, de planta romboidal [90]. Reviste un gran interés, pues estamos acostumbrados a ver los dos sistemas de trazado de plantillas *por robos* o «par equàrrisement» y «por baivel», directo, *por plantas al justo* o «par panneaux» como dos mundos opuestos; mientras que en esta *traza* veremos un procedimiento que puede considerarse intermedio entre ambos métodos.

En efecto, comenzaremos trazando el arco como en el *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*.²⁶³ Se comienza trazando una de las testas, que es un arco de medio punto; como el plano del paramento no es perpendicular al eje del cilindro de intradós, el cilindro no es circular, sino elíptico peraltado. Hasta aquí el curso de las operaciones es el mismo que el del *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*, pero ahora aparece una curiosa diferencia: la *arista* se proyecta sobre el plano de la testa según una dirección de proyección paralela al eje del cilindro, es decir, estamos ante

²⁶² V. Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, pp. 420-23 y fig. 230-232.

²⁶³ V. p. 76.

Arco por arista en la cara

Figura 90. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 47.

Arco por arista en la cara en viaje

Plantas por cara

Arco por arista en la cara en viaje

Plantas por lecho

un alzado obtenido por **proyección oblicua**.²⁶⁴ De él tomaremos el sólido capaz definido por los puntos 1 y 3 y los extremos de las aristas longitudinales superiores de la dovela. Ahora bien, hasta ahora sólo tenemos una testa de la dovela. No podemos *labrarla de cuadrado* como en otras construcciones *por robos*, porque los planos de lecho no son planos de canto, al contrario de lo que ocurría en otros casos, como el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*, el *Arco viaje contra viaje por cara por plantas y por robos* o el *Arco capialzado por robos*.²⁶⁵ Por tanto, para pasar a la otra testa necesitaremos la *planta por cara* del sólido capaz; para ello abatiremos como en otras ocasiones con eje en la arista inferior de la cara 3. Hemos de tener en cuenta que esta arista ya no es una recta de punta, por lo que el punto abatido del 3 estará en una recta que pasa por la proyección del punto 1 y es ortogonal a la charnela 3 y al eje del arco. Sabiendo que este punto abatido dista de la proyección del punto 3 la longitud de la arista inferior de la testa podemos construirlo fácilmente sin más que hallar la intersección de la recta perpendicular a la charnela con un arco con centro en la proyección del punto 3 y longitud igual a la arista inferior de la testa, que ya hemos construido en verdadera magnitud. Tendremos así dos de los vértices, 4 y 5, de la cara de intradós de la dovela. De la misma manera obtendremos los otros dos vértices, y con ellos la *planta por cara* del sólido capaz.

Para construir las *plantas por lecho* emplearemos también un método intermedio entre *robos* y *plantas al justo*. Construiremos en primer lugar la *planta por lecho* F abatiendo respecto de la arista inferior como en tantas ocasiones. El procedimiento es el mismo del segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*. Se traza una perpendicular a la charnela del abatimiento que pasa por la proyección horizontal de uno de los vértices superiores de la cara de lecho; se toma del alzado la distancia entre el vértice superior y el inferior, y se traza un arco con este radio y centro en el vértice inferior; donde este arco intersecte a la perpendicular a la charnela estará el vértice superior de la *planta por lecho*; del mismo modo obtendremos el otro vértice, y estaremos en disposición de cerrar la *planta*, pero aquí encontramos un detalle interesante: Aranda representa la arista superior con línea de puntos, como si nos diera la opción de trazarla y obtener la *planta* o dejarla sin marcar, con lo que tendríamos dos *saltarreglas* que nos

²⁶⁴ V. el *Arco abocinado viaje por cara*, p. 118, y el *Arco capialzado viaje por cara*, p. 133, donde se encuentran también proyecciones oblicuas más sencillas.

²⁶⁵ V. pp. 54, 67 y 121 respectivamente.

permitirían labrar la cara sin necesidad de construir una plantilla de madera.

Bien con la *planta*, bien con las dos *saltrarreglas*, podemos labrar el sólido capaz. Pero hemos de *robar* dos cuñas en la parte baja de éste, entre su cara inferior y las superficies que pasan por la *arista* 1 3 y los tramos de los arcos de testa 4 2. Para ello, tomando del alzado la distancia entre la proyección 1 de la *arista* y la proyección 2 del extremo de la cara de testa, la llevaremos sobre la arista de la cara de lecho, con lo que construiremos la directriz que nos servirá para *robar* por el método ya visto para este tipo de construcciones, tomando la distancia 1 2. El texto de Aranda, aunque escueto, no puede ser más explícito sobre la naturaleza mixta del sistema:

en las plantas por lechos formarás segunda vez las plantas por lechos para plantarlas al justo como parece en las plantas por lecho F y les robarás las piezas conforme se hizo en el arco por arista en la cara a 47 planas de este libro

Arco avanzado en bóveda

Para trazar este dicho arco avanzado le formarás el arco **A** en semicírculo y le bajarás los plomos de lo bajo de las juntas que atraviesen la planta y asimismo circundarás la circunferencia de la bóveda **B** con el cintrel que tuviere la bóveda donde se hubiere de hacer el dicho arco y tirarás la línea perpendicular **C** para que haga la división del avanzamento y sacarás a nivel los extremos de las juntas del arco **A** que vayan a tocar a la circunferencia **B** y para sacar las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **D** tomarás el ancho de su bolsor desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño lo galgarás de cuadrado con la línea 3 y la que se galgare será la línea 4 y después tomarás en el avanzamento lo que avanza su junta desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño lo desviarás del lado de la planta **E** por la línea 4 desde el punto 7 al punto 8 y a este dicho punto 8 tirarás la testa de la dicha planta por cara desde el punto 9 con una circunferencia extendida la cual dicha circunferencia se ha de extender echando una línea en blanco en la circunferencia de la bóveda **B** desde el punto 6 al punto 10 y con el desvío que causare la dicha línea por su mitad en la dicha circunferencia eso ha de extender la dicha testa **D** echando el dicho desvío en la mitad de una línea tirada en blanco que

se echara desde el punto 8 al punto 9 y se cogerá con la dicha testa los dichos tres puntos 8 11 9 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras y para sacar las plantas por lechos las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho F tomarás el largo de su junta desde el punto a al punto b y este tamaño galgarás con la línea C y la que se galgare será la línea d y después tomarás lo que avanza el tardos de la dicha junta desde el punto e hasta el punto f y este tamaño desviarás del lado de la planta E por la línea d desde el punto g al punto h y a este dicho punto h tirarás la testa de la dicha planta por lecho desde el punto i con una circunferencia extendida la cual dicha circunferencia se ha de extender echando una línea recta en blanco desde el punto f al punto l en la circunferencia de la bóveda B y con el desvío que esta dicha línea causare en la dicha circunferencia se ha de extender la dicha testa F como se hizo en la planta por cara y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo.

Se plantea en esta *traza* un problema bien conocido en la geometría descriptiva de las siglos posteriores como **luneto cilíndrico recto**, es decir, la intersección de dos cilindros circulares de diferentes diámetros de manera que sus ejes se corten en ángulo recto.²⁶⁶ Es un problema muy frecuente en arquitectura que se presenta sobre todo cuando se trata de abrir huecos verticales en una bóveda de cañón; en palabras de Vandelvira, «cuando se ha de hacer alguna ventana que por la parte de adentro guarde alguna bóveda» en tal caso, el cilindro grande es el intradós de la bóveda y el pequeño, el intradós del arco de medio punto que corona el hueco [91].²⁶⁷

Como otros arcos que resultan de la combinación de formas geométricas simples, resultan relativamente frecuentes en el prerrománico y románico, desaparecen prácticamente en el gótico y renacen en el quinientos. Lo encontramos en la cripta de San Antolín de la Catedral de Palencia, el Panteón Real de San Isidoro de León comenzado hacia 1074, la catedral de Zamora de 1151-1174 y la colegiata de Toro de 1160-1240.²⁶⁸

²⁶⁶ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, p. 77-81, 240-242.

²⁶⁷ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 23 r; V. también Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture à la française*, París, Picard, 1982, pp. 113-115; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento*, p. 62-63.

²⁶⁸ Joaquín YARZA, *Arte y arquitectura en España 500-1250*, pp. 191, 257-258.

El eclipse de la bóveda de cañón durante los siglos del gótico arrastra a este tipo, pero en su lugar surge la bóveda de terceletes.

La bóveda de terceletes a su vez da lugar a una solución típicamente renacentista, la de la bóveda de cañón cortada por dos planos verticales oblicuos al eje del cañón, popular en Italia porque se ejecuta fácilmente en ladrillo realizando en primer lugar la bóveda completa y cortando por los dos planos después. La sección del cilindro de la bóveda da lugar a dos elipses que se cortan en ángulo, lo que genera una figura que ya en la obra del Escorial recibe el nombre de «luneta».²⁶⁹ Si el arco que se quiere abrir en la bóveda es de medio punto, su clave estará más baja por lo general que el punto de encuentro de las dos elipses, y el elemento recibe el nombre de «luneto apuntado capialzado», precisa denominación que aparece en las condiciones del Panteón escurialense.²⁷⁰ Encontramos estas piezas en toda la geografía española y en todo tipo de edificios, desde la cripta del Palacio de Carlos V en la Alhambra o el nártex de la Basílica y los patios del Palacio y de los Evangelistas del Escorial hasta la iglesia de Novés, de Fray Lorenzo de San Nicolás, hacia 1665.²⁷¹ La *traza* no aparece en los textos del siglo XVI, pero en la centuria siguiente sí la encontramos en Fray Laurencio de San Nicolás, Derand y Juan de Portor y Castro.²⁷²

Junto a esta solución, la más frecuente en el siglo XVI, contamos en la Península Ibérica con unos pocos ejemplos quinientistas de la elegante solución románica, la intersección de dos cilindros, que hará fortuna en la Francia del siglo XVII: lo encontramos en el Hospital de Santiago de Úbeda, en la sacristía y la cripta de la catedral de Jaén [93], en las «cantinas» o sótanos del conjunto escurialense comenzados en 1565 y en la

²⁶⁹ Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 237, 238.

²⁷⁰ Juan José MARTÍN GONZÁLEZ, «El panteón de San Lorenzo del Escorial», *Archivo Español de Arte*, 1959, p. 202; v. también Fernando CHUECA GOITIA, «Sobre arquitectura y arquitectos madrileños del siglo XVII», *Archivo Español de Arte*, 1945, p. 366.

²⁷¹ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 208. Cuando dice que «A l'avantage des Français, on peut seulement dire que la lunette espagnole garde pendant toute le XVI^e siècle un tracé maigre et aigu qui n'est en rien comparable au tracé ample et souple des lunettes de Le Mercier» hay que admitir que esto es cierto como regla general, pero al mismo tiempo recordar los ejemplos del Hospital de Úbeda, de la catedral de Jaén, de los sótanos del Escorial y del zaguán occidental del palacio de Carlos V. V. también el contrato para las bóvedas del primer piso del Patio de los Evangelistas del Monasterio del Escorial, transcrito en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 356; Antonio José DÍAZ FERNÁNDEZ, «Fray Lorenzo de San Nicolás y la iglesia de Novés (Toledo)», *Espacio, tiempo y forma. Historia del Arte*, 1996, pp. 113, 121; Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. II, p. 11.

²⁷² Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, f. 103 - 104 v.; P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 119-120; Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708 (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114).

Figura 91. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 49.

Figura 92. Amedée-Louis Frézier, *Traité de stéréotomie*, t. I, lám 17.

bóveda del zaguán occidental del Palacio de Carlos V en Granada, comenzada en 1592.²⁷³ Pero hay una diferencia esencial entre las soluciones románicas españolas y las renacentistas: en las primeras es la misma dovela de la bóveda mayor la que forma el intradós del luneto, la solución que Pérouse de Montclos considera canónica y denomina «pénétration filée». En cambio, en las soluciones del Renacimiento pleno las dovelas correspondientes al intradós del luneto gozan de autonomía y sus testas asoman en el intradós de la bóveda, en forma de «pénétration extradossée»; el primer ejemplo de «pénétration filée» que conocemos es el del Palacio de Carlos V [94]. Sorprende que la evolución es inversa a la francesa, donde aparece en el románico la «pénétration extradossée», más simple según Pérouse, y en el Renacimiento y el Barroco, a partir de las bóvedas esféricas de De L'Orme en los criptopórticos de Anet, la «pénétration filée»;²⁷⁴ no se puede descartar que en las soluciones del románico español se tallen en primer lugar las dovelas con la curvatura correspondiente a la bóveda mayor, después se asienten y, sólo entonces se labre el intradós del cañón menor.²⁷⁵

Es necesario estar prevenidos contra una confusión lingüística: en castellano del siglo XVI y XVII, la solución de dos planos y dos elipses recibe el nombre de «luneto apuntado» o simplemente «luneto», mientras que la intersección de dos cilindros es para Aranda y Vandelvira un *arco avanzado en bóveda* o «en cercha». Sólo centurias después, por influencia francesa, recibirá en español el nombre de LUNETO.²⁷⁶

Para construirlo, comenzaremos trazando el arco de medio punto A que representa la sección recta del intradós y trasdós del arco que cierra el

²⁷³ Fernando CHUECA GOITIA, *Andrés de Vandelvira, arquitecto*, pp. 184, 193, 210 de la ed. de 1995; Alfredo J. MORALES, «Tradición y modernidad», en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, Madrid, Cátedra, 1989, p. 178; Earl E. ROSENTHAL, *The Palace of Charles V in Granada*, Princeton, Princeton University Press, 1985 (Tr. española de Pilar Vázquez Álvarez, *El Palacio de Carlos V en Granada*, Madrid, Alianza Forma, 1988, p. 143-144); Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 102.

²⁷⁴ V. Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 112.

²⁷⁵ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 114, propone una solución similar para los lunetos románicos franceses, si bien éstos siguen el principio de la «pénétration extradossée». En la p. 156 extiende la idea a las bóvedas de arista, esta vez con «pénétration filée» como los lunetos de Zamora y Toro.

²⁷⁶ V. Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. III, p. 37; Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, pp. 490-495; Antoni ROVIRA Y RABASSA, *Estereotomía de la Piedra*, Barcelona, Provincial de la Caridad, 1897, pp. 84-85, que identifica los «lunetos» de Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, f. 103-104, que son elipses obtenidas al cortar por dos planos, con sus LUNETOS de cuarto grado obtenidos en la intersección de dos cilindros.

hueco. Si la bóveda está trasdosada en un muro, este arco será también la testa exterior del hueco. A continuación repartiremos el dovelaje en partes iguales. El siguiente paso será trazar el arco de circunferencia que representa la sección de la bóveda, **B**, y una línea vertical **C** que corresponde al plomo de la línea de impostas.

A continuación pasaríamos a obtener las *plantas por cara* por un método que básicamente es el mismo de otras ocasiones. Para obtener la *planta* de la primera dovela, abatiremos con eje en la jamba, que como es lógico no se transforma por el abatimiento; en cambio la arista superior de la cara de intradós sí se desplaza, y además su extremo no está situado sobre la línea de impostas, debido a la dificultad típica de estas *trazas*: el paramento no es un muro vertical, sino un cilindro de eje horizontal, lo que se resuelve tomando su posición de la sección.

Veamos el procedimiento con más detalle para la segunda dovela, que es el caso general. Para obtener la *planta por cara*, abatiremos con eje en la recta de punta que pasa por el punto 1. Como es lógico el segmento 3 contenido en la charnela no se transforma por el abatimiento, pero su extremo no estará sobre la línea de impostas **E**, sino a una distancia de ella igual a lo que se separa la bóveda del plomo de la imposta a la altura de 1; tomando esta distancia de la sección, la llevaremos sobre 3 para obtener el punto 9. El segmento de recta de punta que pasa por 2 se convierte en el 4, situado a una distancia del 3 igual a la distancia entre 1 y 2. De nuevo tomamos la posición de su extremo de la sección: estará separado de la línea **E** lo mismo que se separa la bóveda **B** del plomo de la línea de impostas **C** a la altura de este punto 2 que estamos tratando de situar. Para ello, llevaremos esta separación entre bóveda y plomo, 5 6, sobre la línea 4 a partir del punto 7, obteniendo así el punto 8, imagen abatida del punto 2, con lo que tendremos definidos los cuatro vértices de la *planta por cara*.

Pero ahora nos encontramos con el mismo problema que se presentaba en el *Arco en torre redonda contra cuadrado*²⁷⁷ El objetivo de Aranda parece ser construir una plantilla **rígida** para desbastar la cara de intradós y realizar las cuatro tiradas que la definen; más adelante robará material para materializar el cilindro del intradós. Pero por ahora lo que le interesa no es el **desarrollo** de la cara de intradós, sino su **proyección** sobre el plano definido por sus cuatro vértices. Como el luneto es una línea alabeada, su

²⁷⁷ V. p. 87.

Figura 93. Cripta de la Catedral de Jaén.

Figura 94. Zaguán occidental del Palacio de Carlos V en Granada.

Arco avanzado en bóveda

proyección sobre este plano será una curva, que Aranda identifica con un arco de circunferencia.

Si el tamaño del arco hace aconsejable trazar esta curva se sigue un procedimiento relacionado con el empleado en el *Arco en torre redonda contra cuadrado* y otras trazas, pero que introduce un detalle muy sutil. Hay que tener en cuenta que lo que le interesa a Aranda no es lo que se separa el arco de círculo 1 2 de su cuerda, sino **lo que se separa la proyección del arco 1 2 sobre el plano definido por los cuatro vértices de la planta por cara de su cuerda**. El plano definido por los cuatro vértices es paralelo a una recta horizontal perpendicular al eje de la bóveda. Por tanto, lo que nos interesa saber es cuánto dista el arco de su cuerda **medido en paralelo a una recta horizontal perpendicular al eje de la bóveda**. Y esto se puede realizar fácilmente sobre la vertical C y la sección B de la bóveda, que al mismo tiempo es la proyección del luneto sobre un plano vertical. Para ello, trazaremos la cuerda del arco de círculo 10 6 y tomaremos la distancia en horizontal desde su punto medio al arco de círculo. Después llevaremos esa misma distancia horizontal al punto medio del segmento 9 8, obteniendo así un tercer punto que nos permite trazar el arco 9 8.

Es interesante comparar esta solución con la ofrecida por Alonso de Vandelvira [95]. En el *Libro de trazas de cortes de piedras*²⁷⁸ encontramos una solución similar en lo básico del procedimiento, pero con importantes diferencias de detalle; la más significativa es que Vandelvira traza la proyección en planta de las testas de las dovelas, como De L'Orme.

Más singular todavía es la finalidad de esta construcción: «la cimbría [...] ha de estar echada en el suelo a nivel y como se fueren asentando las piezas del arco se han de ir aplomando con ella». Es decir, el trazado se ha de realizar en el suelo y a tamaño natural, pero no en cualquier sitio y desde luego no en la casa de trazas, sino precisamente debajo del arco, para poder controlar la ejecución. Esta forma de trabajar recuerda un pasaje del manuscrito de Simón García unánimemente atribuido a Rodrigo Gil de Hontañón, en el cual se construye la planta de una bóveda de crucería en un andamio situado inmediatamente debajo de la bóveda.²⁷⁹

²⁷⁸ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 23 r; v. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 62-63.

²⁷⁹ Rodrigo GIL DE HONTAÑÓN, *Manuscrito*, incluido en Simón GARCÍA, *Compendio de Arquitectura y simetría de los templos* f. 24 v.- 25 v (Ed. facsímil con transcripción, Valladolid, Colegio de Arquitectos, 1991) «Para cortarlas al alto que requieren, se les toma en esta manera. el andamio se haze al nibel de donde comiençan a mober las bueltas, [...] Y porque alli estara vajo por allarse los jarjamentos con sus abançamentos mas altos. Y no se alcançara a asentar los cruzeros sobre ellos, se ara otro segundo andamio

Otra diferencia menor pero digna de tenerse en cuenta es que Vandelvira traza las *plantas* abatiendo sobre la sección, mientras que Aranda abate sobre la planta; esto parece deberse a un deseo de Vandelvira de no «entoscar» la planta, donde ha trazado la *cimbria*, mientras que Aranda, al prescindir de ella, no tiene ese problema.²⁸⁰

Así pues, aquí Aranda sólo traza la planta del intradós y las *plantas por caras* y *por lechos* de las dovelas. No debemos creer que Aranda desconoce esta solución, que aparece tanto en Vandelvira como en De L'Orme. Más bien hay que pensar que Aranda confía más que ellos en las *plantas por caras* y *por lechos* y por tanto prescinde de los trazados a pie de obra, lo que le permite ejecutarlos en la casa de trazas. Encontramos la confirmación de esto en el jesuita Derand, que resuelve este arco *por robos* en el «Passage droit entre deux berceau tracé par equarrissement», sin proyección en planta.²⁸¹ En cambio, cuando Aranda expone el *Corredor volado sin columnas formado de arcos avanzados*,²⁸² donde le interesa controlar la precisión por la gran longitud de la agrupación de arcos, sí emplea la proyección en planta.

Arco avanzado en viaje por testa en bóveda

Para trazar este dicho arco avanzado viaje por testa le formarás el arco A en semicírculo y le bajarás los plomos de las juntas que atraviesen la planta y vayan a para el lado que hace viaje B y asimismo tirarás la circunferencia de la bóveda C y la línea perpendicular que divide el avanzamento D y sacarás los extremos de las juntas a tocar a la circunferencia de la bóveda C y sacarás las plantas por caras y por lechos conforme se hizo en el arco avanzado a 48 planas de este libro eceto que

como S. Y este tan cuajado de fuertes tablonos, que en ellos se pueda trazar, delinear y montear, toda la crucería ni mas, ni menos de lo que se ve en la planta. Esto echo y señaladas todas las clauas en su lugar sobre los tablonos dejar caer perpendiculos, de la buelta a ellas, esto es para las que estan en los cruzeros o diagonales. Mas para las maças de todas las otras se hara assi. puesta la clabe maior al alto que le toca, arás vna çercha tan larga que alcance desde [...] el pie de Gallo a la claua maior con la buelta de la diaGonal, y desde estas zerchas dejar caer plomos a las clauas que estan señaladas en los tablonos [...]. V. Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, p. 52; «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, p. 268.

²⁸⁰ Sin embargo, Juan GARCÍA BERRUGUILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, Madrid, Francisco Mojados, 1747, p. 101, no traza la proyección horizontal del arco, pero construye las *plantas* en sección.

²⁸¹ P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 110-112.

²⁸² V. p. 260.

Figura 95. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 23 r.

Figura 96. Amedée-Louis Frézier, Traité de stéréotomie, t. II, lám. 70.

en el sacar de las plantas por caras y por lechos se han de echar primero los *avanzamientos* desde el lado en viaje **B** en los plomos que bajaron del arco **A** como parece entre los puntos 1 2 3 4 5 6 7 y han de guardar aquel cuadrado las líneas que se galgaren para formar las dichas plantas y extenderás las testas conforme se hizo en el dicho arco avanzado.

El problema que se aborda en esta *traza* es el que después vendría a ser conocido como **luneto cilíndrico oblicuo**; se trata de nuevo de la intersección de dos cilindros de diferentes tamaños cuyos ejes se cortan; pero esta vez no se cortan ortogonal sino oblicuamente [97]. Aranda aborda el problema con el mismo método de la *traza* anterior y, como veremos detalladamente, esto le lleva a un curioso resultado: la circunferencia que representa la sección de la bóveda está contenida en un plano vertical paralelo al eje del cilindro menor, pero como los dos cilindros son oblicuos entre sí, esta circunferencia es una sección oblicua de la bóveda; si una sección oblicua de la bóveda es circular, es claro que **la bóveda es elíptica**.

Veamos más detalladamente el proceso de construcción. Para comenzar trazaremos el arco de medio punto **A** que representa la sección recta del arco que queremos abrir; a continuación repartiremos el dovelaje en partes iguales, y el paso siguiente será trazar el arco de circunferencia que servirá de base para calcular los *avanzamientos*, **C**, y la línea vertical **D** que representa un plomo echado en la línea de impostas.

Pasaremos a obtener las *plantas por cara* por el mismo procedimiento de otras ocasiones. Para obtener la *planta* de una dovela cualquiera, por ejemplo la segunda, abatiremos con eje en su arista inferior. Ésta no se desplaza en el abatimiento, pero su extremo estará situado a una distancia de la línea de impostas igual a la distancia a esa altura entre la línea de impostas **D** y la sección de la bóveda **C**, **es decir, la longitud del segmento 1 2**.

Aquí viene el detalle fundamental: después de tomar esta distancia 1 2 la llevaremos a la línea **B**, pero no se toma perpendicularmente a **B**, sino que *se han de echar [...] los avanzamientos desde el lado en viaje B en los plomos que bajaron del arco A*. En los plomos que bajan de **A**, es decir, paralelamente al eje del cilindro menor, y no perpendicularmente al eje del cilindro mayor, como si la circunferencia **C** estuviera no en un plano ortogonal a la bóveda, sino en uno paralelo al eje del arco; por tanto, una sección oblicua de la bóveda es una circunferencia, lo que quiere decir que

la sección recta es una elipse, y en realidad estamos hallando el luneto de una bóveda elíptica ligeramente peraltada.

Obtendremos la imagen abatida de la arista superior del mismo modo que en otras ocasiones: tomando la distancia entre ambas aristas del arco A y llevándola perpendicularmente a la jamba en su diámetro desde la proyección de la arista inferior. Ahora bien, el extremo al girar se moverá en un plano perpendicular al eje del arco y su imagen en la *planta por cara* vendrá a parar a la intersección de este plano con la imagen de la arista. Es decir, aplicaremos una construcción que ya aparece en la primera *traza* del libro, el *Arco viaje contra cuadrado por testa*,²⁸³ que consiste en situar el extremo sobre la proyección de la arista, a una distancia 5 6 de la línea de impostas, y trasladarlo perpendicularmente a la charnela o, lo que es lo mismo, al eje del cilindro de intradós del arco, hasta intersectar con la imagen abatida de la arista superior. Aranda lo dice bien claro:

sacarás las plantas por caras y por lechos conforme se hizo en el arco avanzado [en bóveda] eceto que en el sacar de las plantas por caras y por lechos se han de echar primero los avanzamientos desde el lado en viaje B en los plomos que bajaron del arco A [...] y han de guardar aquel cuadrado las líneas que se galgaren para formar las dichas plantas [...]

Hecho esto, llegamos a otra dificultad típica de estas *trazas*: construir la arista curva 2 6. El mismo problema es el mismo del *Arco en torre redonda contra cuadrado*.²⁸⁴ Como el luneto es una línea alabeada, su proyección sobre el plano definido por los cuatro vértices de la cara de intradós de la dovela será una curva, que Aranda identifica con un arco de circunferencia; para trazarla se sigue el ingenioso procedimiento que hemos discutido al comentar el *Arco avanzado en bóveda*, utilizando para ello sobre la vertical D y la sección C de la bóveda, que es también la proyección del luneto sobre un plano vertical. Para ello, trazaremos la cuerda del arco de círculo 2 6 y tomaremos la distancia en horizontal desde su punto medio al arco de círculo. Después llevaremos esa misma distancia horizontal al punto medio de la arista curva de la dovela obteniendo así un tercer punto que nos permite trazar dicha curva.

La *traza* es poco frecuente en los tratados, pues en general se expone el *Arco avanzado en bóveda viaje por cara* que veremos a continuación; sin embargo, podemos encontrarla en el *Tratado de Arquitectura Civil* del padre Tosca, hallando las proyecciones sobre perpendiculares a la línea de impostas y por tanto al eje del cañón de la bóveda, y no sobre paralelas al

²⁸³ V. p. 41.

²⁸⁴ V. p. 87.

Figura 97. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 51.

Arco avanzado en viaje por testa en bóveda

eje del cilindro del hueco. De esta manera, la sección de la bóveda con la que trabaja es la sección recta, y puede trazarla como un cuarto de círculo, obteniendo el trazado de un arco abierto en un cilindro recto sin dificultades.²⁸⁵

Arco avanzado en bóveda viaje por cara

Para trazar este dicho arco avanzado en bóveda viaje por cara le formarás el arco **A** en semicírculo y le bajarás los plomos de las juntas que toquen de cuadrado en el lado de la planta **B** y pasen por la dicha planta con el viaje que tuviere y asimismo circundarás la circunferencia **C** y tirarás la línea perpendicular **D** para que divida el avanzamiento y sacarás a nivel los cabos de las juntas que toquen en la dicha circunferencia **C** y después tomarás los avanzamientos que hubiere entre la línea **D** y la circunferencia **C** y estos tamaños los desviarás de cuadrado que hagan ángulo recto con el lado de la planta **E** y vayan a tocar a los plomos que pasaron por la dicha planta en viaje como parece entre los números 1 2 3 4 5 6 7 8 y con las salidas que tuvieron los avanzamientos 2 y 6 sacarás las testas de las plantas por caras galgándoles las salidas a los dichos avanzamientos con la línea que guarda el cuadrado de la planta **F** hasta que toquen en las líneas de los lados altos con que se galgaron las dichas plantas por caras y las testas de las plantas por lechos las sacarás con los desvíos que tuvieron los avanzamientos 4 8 como tengo dicho en las plantas por caras y a todas las testas del avanzamiento así de las plantas por caras como por lechos las extenderás por circunferencia concurriente como se hizo en el arco avanzado a 48 planas de este libro.

La *traza* anterior resolvía el problema del luneto cilíndrico oblicuo con un cilindro circular. Pero al acometer éste oblicuamente a la bóveda, la luz del luneto era superior al doble de su altura. Si la oblicuidad es importante, el luneto se percibirá como un arco rebajado. Para evitarlo, en este *Arco avanzado en bóveda viaje por cara* se opta por un cilindro elíptico, de forma

²⁸⁵ Thomas Vicente TOSCA, *Tratado de Arquitectura Civil, Montea y Cantería, y Reloxes*, tratado XV, p. 127 de la ed. de 1727.

que aunque su sección recta sea peraltada, su sección por un plano paralelo a la línea de impostas de la bóveda será circular [98]. Los ejemplares contruidos son raros; existe uno resuelto de manera elemental en la cripta de San Antolín de la catedral de Palencia, que añade el abocinamiento; y una pieza notable en la capilla del Abad del monasterio de La Espina.

El problema es el mismo que se planteaba en el *Arco viaje contra viaje por testa* y que trataba de resolver el *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*.²⁸⁶ En el primero, la sección recta era circular y la embocadura una elipse rebajada; en el segundo la sección recta es una elipse peraltada y la embocadura es circular. Del mismo modo, en el *Arco avanzado viaje por testa en bóveda*, la sección recta es circular y el luneto de la embocadura se asimila, al menos visualmente, a una elipse rebajada; mientras que en este *Arco avanzado en bóveda viaje por cara* la sección recta es una elipse peraltada y el luneto se asimila visualmente a una circunferencia.

Como siempre, comenzaremos trazando el arco de medio punto **A** que representa la sección recta del arco que queremos abrir y repartiendo el dovelaje en partes iguales. El paso siguiente será trazar tanto el arco de circunferencia que servirá de base para calcular los *avanzamientos*, **C**, como la línea vertical **D** que representa un plomo echado en la línea de impostas **E**.

Para obtener la *planta* de una dovela cualquiera, la segunda por fijar ideas, abatiremos con eje en su arista inferior. Ésta no se desplaza en el abatimiento, pero su extremo estará situado a una distancia de la línea de impostas igual a la distancia a esa altura entre la vertical que se corta con la línea de impostas **D** y la sección de la bóveda **C**.

En este caso la distancia se lleva perpendicularmente a la línea de impostas:

sacaras a nivel los cabos de las juntas que toquen en la dicha circunferencia C y estos tamaños los desviarás de cuadrado que hagan angulo recto con el lado de la planta E y vayan a tocar los plomos que pasaron por la dicha planta en viaje [...]

Por tanto, en este caso la bóveda es una bóveda de cañón propiamente dicha, al contrario de lo que ocurría en el *Arco avanzado en viaje por testa en bóveda*.

Obtendremos la imagen abatida de la arista superior del mismo modo que en la *traza* anterior: midiendo la distancia entre ambas aristas en

²⁸⁶ V. pp. 48 y 76.

Figura 98. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 52.

Figura 99. François Derand, L'architecture des voutes.

Figura 100. Amedée-Louis Frézier, Traité de stéréotomie, t. I, lám. 3.

Arco avanzado en bóveda viaje por cara

alzado, en el arco A y llevándola en el diámetro de este arco desde la proyección de la arista inferior. Ahora bien, el extremo de la arista superior al girar se moverá en un plano perpendicular al eje del arco y su imagen en la *planta por cara* vendrá a parar a la intersección de este plano con la imagen de la arista. Otra vez emplearemos la construcción consistente en situar el extremo sobre la proyección de la arista, a una distancia tomada de la sección y trasladarlo perpendicularmente a la charnela o, lo que es lo mismo, al eje del cilindro de intradós del arco, hasta intersectar con la imagen abatida de la arista superior.

Hecho esto, queda la dificultad típica de construir la arista curva, que resolveremos utilizando la vertical D y la sección C de la bóveda, que es también la proyección del luneto sobre un plano vertical. Para ello, trazaremos en la sección la cuerda de la arista curva y tomaremos la distancia horizontal desde su punto medio al arco de círculo; después llevaremos esa distancia al punto medio de la arista curva de la dovela, con lo que obtendremos un tercer punto que nos permitirá trazar la arista curva.

La *traza* es equivalente al «Viaje contra viaje que guarda bóveda» de Alonso de Vandelvira, pero éste la aborda por un método recursivo análogo al que empleaba en su «Viaje contra viaje».²⁸⁷ Una vez más, Aranda evita el procedimiento recursivo y la acumulación de errores que comporta con el expediente derivado de Rojas basado en abatir con eje en una recta oblicua al plano del alzado que introdujo en el *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*.²⁸⁸

Una vez más comprobamos que el procedimiento no tuvo eco salvo en círculos españoles muy reducidos; Derand ofrece un «Passage biais entre deux berceaux tracé par equarrissement», equivalente a este *Arco avanzado en bóveda viaje por cara*, con proyección en planta [99].²⁸⁹ Frézier, con toda probabilidad sin conocer los textos españoles, no es que ofrezca un luneto oblicuo, sino que no se molesta en exponer el recto porque lo considera caso especial del oblicuo [96]; su método tiene mucho en común con el de Aranda, pero también explica la forma de forzar el reparto de hiladas en la

²⁸⁷ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 31 v. y 27 v.-28 r.; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 72-73, 70-71.

²⁸⁸ V. p. 76.

²⁸⁹ P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 112-114.

bóveda grande para que coincidan con las del luneto y obtener así la «pénétration filée».²⁹⁰

Arco avanzado en talus plano

Para trazar este dicho arco avanzado en talas plano le formarás el arco A en semicírculo y a este dicho arco le bajarás los plomos que atraviesen la planta y asimismo tirarás la línea que sirve de talus plano B y tirarás la línea perpendicular C que es para dividir el avanzamento y sacarás a nivel los plomos de las juntas que toquen en la línea del talus plano B y con los avanzamientos que hubiere entre las dos líneas B C sacarás las plantas por caras y por lechos conforme se hizo en el arco avanzado en bóveda a 48 planas de este libro eceto que las testas de las dichas plantas por caras y por lechos han de ir a regla y no en circunferencia.

Comienza aquí una serie de *trazas* que tienen un origen militar. En la fortificación bajomedieval y renacentista, muchas veces los baluartes y cortinas están formados por un muro inclinado llamado escarpa, que se construye inclinada para que no se desmorone al ser abatida, presente un ángulo oblicuo a los tiros del enemigo y haga más difícil la escalada. Normalmente la cara interior de este muro, si existe, es vertical, y el muro es de sección trapezial. En la Baja Edad Media normalmente este elemento es de piedra, pero en el Renacimiento se tiende a hacerlo de grandísimos espesores para resistir el impacto de las balas de cañón, y la economía de tiempo y medios fuerza el uso de la tierra, a veces con un forro de ladrillo llamado camisa. Obviamente la función militar excluye la existencia de huecos.²⁹¹

²⁹⁰ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. III, pp. 37-39.

²⁹¹ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación, conforme a las medidas de estos tiempos...*, Madrid, Luis Sánchez, 1598, f. 49 a 53, 70 a 71 y 93; Diego GONZÁLEZ DE MEDINABARBA, *Examen de fortificación*, Madrid, Licenciado Varez de Castro, 1599, f. 24-25; Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, p. 151; Eduardo MARIÁTEGUI, *El Capitán Cristóbal de Rojas, ingeniero militar del siglo XVI*, Madrid, CEHOPU, 1985, p. 27; J. R. HALE, *Renaissance fortification: Art or Engineering?*, Londres, Thames and Hudson, 1977, p. 7; Alicia CÁMARA MUÑOZ, «La arquitectura militar y los ingenieros de la monarquía española: aspectos de una profesión. (1530-1650)», *Revista de la Universidad Complutense*, 1981, pg 265; *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, Madrid, Nerea, 1998, pp. 15, 33; Antonio CAMPILLO, *La fuerza de la Razón. Guerra, Estado y ciencia en los tratados militares del Renacimiento, de Maquiavelo a Galileo*, Murcia, Universidad, 1987, pp. 232-233, 251; Daniela LAMBERINI, «Il cantiere delle fortificazioni nelle toscana del Cinquecento», *Les Chantiers de la Renaissance*, pp. 228-229; Jorge GALINDO DÍAZ, «La construcción de murallas: un aspecto del saber constructivo

Figura 101. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 54.

Figura 102. Diego González de Medina Barba, Examen de fortificación.

Figura 103. Abraham Bosse, La pratique du trait a preuves du sieur Desargues pour la coupe des pierres, f. 9.

Pero al mismo tiempo el elemento aparece en otros tipos de construcciones, desde los molinos y presas hasta la base del muro de mediodía del Monasterio de San Lorenzo del Escorial;²⁹² aquí si tenemos huecos, aunque resueltos mediante el *Capialzado de arco contra el dintel*,²⁹³ y se sigue usando la piedra. La cara interior del muro es por lo general vertical, y raras veces inclinada. Esto es lo que da lugar a que Aranda nos presente dos series de *arcos en talus*: el más típico y característicamente militar es el *arco en talus escarpado*, abierto en un muro más ancho en la base que en la coronación; en cambio los *arcos en talus plano*, más anchos en la coronación que en la base, no tienen mucho sentido constructivo como elementos con sentido propio, como advertía Frézier;²⁹⁴ pero sí los encontramos cuando se trata de trasdosar con cantería un muro abierto en otra fábrica, como en la muralla de San Carlos de Cádiz [108], construidos por el ingeniero Luis Huet en 1783; se trata de una buena pareja de arcos *en talud escarpado*, pero la cara interior del revestimiento de cantería se dispone en *talus plano* para mantener constante el espesor del arco.

De esta manera, el *Arco avanzado en talus plano* es un arco de medio punto abierto en un plano con inclinación mayor que la vertical de forma que el eje del muro es perpendicular a la traza horizontal del plano [101]. El método de construcción es básicamente el del *Arco avanzado en bóveda*,²⁹⁵ diferenciándose como es lógico en las construcciones que venían dadas por la curvatura de la bóveda. La solución no es frecuente, pero se da cuando un

Comenzaremos trazando el arco de medio punto A que representa la sección recta del intradós y trasdós del arco que cierra el hueco, y repartiendo las dovelas en partes iguales. El siguiente paso será trazar una sección esquemática por un plano perpendicular a la traza horizontal del plano inclinado, formada por una línea vertical C que corta a esta traza y por la línea B que representa el plano inclinado.

presente en los tratados de arquitectura militar (siglos XVI al XVIII)», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, p. 220; Alfonso CABRERA CRUZ, «La fortificación de los puertos de América: Cartagena de Indias», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, Madrid, Fundación Argentaria, 1998, p. 280.

²⁹² Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 95 v. a 97; Fernando CHECA, «El estilo clásico», en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, Madrid, Cátedra, 1989, p. 295, relaciona el muro escurialense con la formación de ingeniero militar de Juan Bautista de Toledo. V. también George Edward KUBLER, *Building the Escorial*, 1982 (Tr. española de Fernando Villaverde, *La obra del Escorial*, Madrid, Alianza, 1983, pp. 43, 44 de la trad. española).

²⁹³ V. p. 94 y ss. del Tomo III.

²⁹⁴ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, p. 143.

²⁹⁵ V. p. 140.

A continuación pasaríamos a obtener las *plantas por cara* por un método que ya conocemos. Para obtener la *planta* de una dovela, abatiremos con eje en su arista inferior. Como es lógico ésta no se desplaza por el abatimiento. La arista superior se transforma en un segmento paralelo a la arista inferior que podemos trazar fácilmente midiendo la distancia entre ambas aristas en el alzado. Pero los extremos de ambas aristas no estarán situados sobre la traza del plano inclinado, precisamente porque éste es inclinado. Podemos tomar su posición de la sección: cada punto estará separado de la traza del plano inclinado una distancia igual a lo que dista en sección el plano inclinado del plano vertical que pasa por su traza, a la altura de cada punto. Para ello, llevaremos esta separación 1 2 entre el plano y su traza sobre las aristas largas de la *planta por cara*, partiendo precisamente de la traza, obteniendo así ambos extremos de las aristas, con lo que habremos obtenido la *planta por cara*.

No hace falta decir que al ser el paramento un plano y no una bóveda, no es necesario hallar un tercer punto de la arista corta; en palabras de Aranda,

sacarás las plantas por caras y por lechos conforme se hizo en el arco avanzado en bóveda a 48 planas deste libro esceto que las testas de las dichas plantas por caras y por lechos han de ir a regla y no en circunferencia.

La *traza* encuentra su correlato en el «Arco avanzado a regla» de Alonso de Vandelvira [104]. El método empleado allí es básicamente el mismo de Aranda, con algunas variantes. Vandelvira traza la proyección en planta de la testa del arco, lo que le lleva a construir las *plantas* en la sección, frente a la costumbre casi universal de hacerlo en planta. Como en el «Arco avanzado en cercha», el fin último de este modo de proceder es utilizar la proyección en planta de la testa para comprobar la precisión de la labra y el asiento:

La cimbría de debajo al arco ha de estar echada en el suelo que es por do se han de aplomar las piedras, digo que despues de echada a nivel las piedras se han de asentar a su plomo, la cual se traza echando sus avanzos en sus plomos [...] ²⁹⁶

Si en el Renacimiento esta familia de *trazas* se percibe como próxima a los *arcos avanzados en bóveda*, en la operación de síntesis de Desargues se entiende como una variante de los arcos esviados; es decir, como un cilindro cortado no por un plano vertical oblicuo al plano del alzado, sino

²⁹⁶ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, c. 1580, f. 23 v. V. también f. 23 r., y p. 140 y ss. de este trabajo.

Figura 104. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 23 v. y 24.

Arco avanzado en talus plano

por un plano paralelo a la línea de impostas del arco que se ve como plano de canto en una vista de perfil; dicho de otro modo, un arco en talud visto en sección longitudinal es medio arco esviado visto en planta, y viceversa.²⁹⁷ Como es bien sabido, la obra arguesiana fue recibida con hostilidad; por eso Frézier ofrece dos soluciones del problema, una abstracta basada en la sección longitudinal en la que se percibe y se expresa con claridad la relación entre arcos oblicuos y en talud y otra en la que el «corte» se dispone de forma más convencional y se traza la proyección horizontal como en Rodrigo Gil y Vandelvira. Sin embargo, tampoco aquí renuncia a un detalle sutil: se construye en primer lugar la testa semicircular y a partir de ella la sección recta en arco elíptico peraltado, como en el segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas* de Aranda.²⁹⁸

Arco avanzado en talus plano en viaje por testa

Para trazar este dicho arco avanzado viaje por testa le formarás el arco **A** en semicírculo y le bajarás los plomos de las juntas que atraviesen la planta y pasen por el lado que hace viaje **B** y tirarás la línea del talus plano **C** que es el avanzamiento del dicho arco y tirarás la línea perpendicular **D** para que divida el dicho avanzamiento y sacarás a nivel los cabos de las juntas del arco **A** que toquen en la línea del talus plano **C** y los avanzamientos que hubiere entre las líneas **C D** los echarás en los plomos que bajaron de las juntas del arco **A** desde el lado en viaje **B** y les sacarás sus plantas por caras y por lechos conforme se hizo en el arco avanzado en bóveda viaje por testa a 50 planas de este libro eceto que las testas de las plantas por caras y por lechos han de ir tiradas en línea recta y no en circunferencia.

Estamos ante una variante del caso anterior en la que el eje del arco no es perpendicular sino oblicuo a la traza del plano inclinado [105]. El procedimiento de construcción es similar al del *Arco avanzado en talus plano*,²⁹⁹ con dos pequeñas variantes. Como otras veces, comenzamos

²⁹⁷ Joël SAKAROVITCH, «Le fascicule de stéréotomie: entre savoir et métiers, la fonction de l'architecte», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, pp. 347-362.

²⁹⁸ Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, pp. 142-152.

²⁹⁹ V. p. 151.

trazando el arco de medio punto A que representa la sección recta del intradós y trasdós del arco que cierra el hueco y repartiendo las dovelas.

A continuación trazaremos una sección esquemática por un plano perpendicular a la traza horizontal del plano inclinado, formada por una línea vertical que corta a esta traza y por la línea C que representa el plano inclinado. Pero hemos de tener en cuenta que más adelante vamos a obtener los *avanzamientos* llevando distancias paralelamente al eje del arco, y **no perpendicularmente a la traza del plano inclinado**. En el caso del *Arco avanzado en viaje por testa en bóveda*³⁰⁰ la consecuencia de esto era que la bóveda en realidad era elíptica. En este caso, obtendremos resultados coherentes si y sólo si trabajamos siempre en el mismo plano. Para ello hemos de construir la sección de forma que la línea C sea **la intersección del plano inclinado con un plano vertical paralelo al eje del cilindro de intradós**. O dicho de una manera más práctica, tomaremos lo que dista a una altura dada el plano inclinado de su plomo, pero **medido paralelamente al eje del cilindro de intradós y no perpendicularmente a la traza del plano inclinado**.

Hecho esto podemos obtener las *plantas por cara* por el mismo procedimiento de otras veces. Para obtener la *planta* de una dovela, abatiremos con eje en su arista inferior. No es necesario decir que ésta no se desplaza por el abatimiento. La arista superior se transforma en un segmento paralelo a la arista inferior que podemos situar de un modo sencillo basándonos en el arco A del alzado, utilizando una técnica que ya aparecía en la primera *traza* del manuscrito, el *Arco viaje contra cuadrado por testa*³⁰¹. Los extremos de ambas aristas no estarán situados sobre la traza del plano inclinado, sino más adelante. Podemos obtener su posición de la sección, tomando lo que se separa la sección C del plano del plomo D de la traza a la altura de cada punto, y llevando esta separación 1 2 hasta la proyección de cada arista sobre el plano de tierra. En el caso de la arista inferior, la proyección coincide con la *planta por cara* y habremos obtenido un vértice de ésta. Pero en el caso de la arista superior, que se ha desplazado en el abatimiento, es necesaria una construcción adicional. Tomaremos la distancia 5 6 entre plano inclinado y plomo y la llevaremos a la proyección horizontal de la arista; y a partir de este punto la llevaremos **perpendicularmente al eje del cilindro de intradós** hasta cortar con la imagen abatida de la arista superior, ya que hemos de tener en cuenta que

³⁰⁰ V. p. 143.

³⁰¹ V. p. 41.

Figura 105. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 55.

Arco avanzado en talus plano en viaje por testa

la arista superior ha girado con eje en la arista inferior, que es paralela al eje del cilindro de intradós. Por un procedimiento parecido obtendremos las *plantas por lecho*.

Arco avanzado en talus plano en viaje por cara

Para trazar este dicho arco avanzado viaje por cara le formarás el arco **A** en semicírculo y le bajarás los plomos de las juntas que toquen en el lado de la planta **B** y pasen por la dicha planta con el viaje que tuviere y tirarás la línea que sirve de talus plano **C** y la línea perpendicular **D** que sirve para dividir el avanzamento y sacarás a nivel los extremos de las juntas del arco **A** que vayan a parar a la línea del talus plano y después tomarás los avanzamientos que hubiere entre las líneas **C D** y estos tamaños desviarás de cuadrado que hagan ángulo recto con el lado de la planta **E** y vayan a tocar a los plomos que pasaron por la dicha planta en viaje y con el juzgo de la línea **F** sacarás las plantas por caras y por lechos galgando las plantas por caras de cuadrado con el ancho que tuvieren los bolsos del arco **A** y a las plantas por lechos con el largo de las juntas como se hizo en el arco avanzado en bóveda a 51 planas de este libro eceto que las testas de las plantas por caras y por lechos se han de tirar en línea recta y no en circunferencia.

Decíamos al comentar el *Arco viaje contra viaje por caras y por plantas*³⁰² que un inconveniente del *Arco viaje contra viaje por testa* es que al ser su sección por un plano perpendicular al eje un semicírculo, la sección por el paramento será una elipse, y el aspecto será el de un arco rebajado, y que eso se intenta resolver en el *Arco viaje contra viaje por caras y por plantas* tomando como sección en los paramentos un arco de medio punto, lo que da lugar a que la sección por un plano perpendicular al eje del arco sea un arco elíptico peraltado, con la consecuencia de que la superficie del intradós del arco no es un cilindro circular, sino uno elíptico.

Un problema parecido se da en la *traza* anterior, el *Arco avanzado en talus plano en viaje por testa*. La sección por un plano perpendicular al eje es un semicírculo, y al no ser el eje perpendicular a la traza del plano inclinado, la sección del cilindro de intradós por un plano vertical que pase

³⁰² V. p. 48.

por la traza del plano inclinado será una elipse rebajada. A menos que el plano sea verdaderamente muy inclinado, percibiremos la embocadura como un arco rebajado. Eso se intenta resolver en esta *traza* haciendo que la sección por un plano vertical que pasa por la traza del plano inclinado sea un arco de medio punto [106], lo que da lugar a que la sección por un plano perpendicular al eje del arco sea un arco elíptico peraltado, con la consecuencia de que la superficie del intradós del arco no es un cilindro circular, sino uno elíptico; pero a cambio, la embocadura del arco se aproximará a un semicírculo, siempre que la inclinación del plano no sea grande. Por tanto, esta *traza* es una variante de la anterior destinada a compensar la deformación que produce el esviaje del arco; y sólo será efectiva si la inclinación del talud es pequeña, digamos menos de la mitad del esviaje; si por el contrario es mayor, el efecto de peralte producido por la inclinación será mayor que el de achatamiento producido por el esviaje.

La construcción será básicamente la misma. La única diferencia con la *traza* anterior es que el arco de medio punto A no representa esta vez la sección recta del cilindro de intradós del arco, sino su sección por un plano vertical que pasa por la traza del plano inclinado; una vez trazado este, repartiremos las dovelas a partes iguales.

Después construiremos la sección esquemática por un plano ortogonal a la traza horizontal del plano inclinado, formada por una línea vertical que corta a esta traza y por la línea C que representa el plano inclinado. Como en esta ocasión vamos a obtener los *avanzamientos* llevando distancias perpendicularmente a la traza, no necesitamos realizar la corrección que realizábamos en la *traza* anterior. Es decir, podemos y debemos construir la línea C de la forma más sencilla posible, tomando lo que dista el plano inclinado de su plomo a una altura dada, midiendo perpendicularmente a la traza del plano inclinado.

A partir de aquí, obtendremos las *plantas por cara* por el mismo método de las veces anteriores: para obtener la *planta* de una dovela, abatiremos con eje en su arista inferior; como siempre éste no se desplaza por el abatimiento, mientras que la arista superior se transforma en un segmento paralelo a la arista inferior que situaremos de una manera fácil basándonos en el arco A del alzado. Los extremos de ambas aristas no estarán colocados sobre la traza del plano inclinado; podemos tomar su posición de la sección, tomando lo que se separa la sección C del plano del plomo D de la traza a la altura de cada punto, y llevando esta separación 1 2 hasta la proyección de cada arista sobre el plano de tierra. En la arista inferior, la proyección 2 coincide con la *planta* y tendremos un vértice de ésta. Por el contrario, en el

Figura 106. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 56.

Arco avanzado en talus plano en viaje por cara

caso de la arista superior, que se ha desplazado en el abatimiento, es preciso tomar la distancia entre plano inclinado y plomo 5 6 y llevarla a la proyección horizontal de la arista; y a partir de este punto trasladarla **perpendicularmente** a la charnela, esto es, **al eje del cilindro de intradós** hasta cortar el abatimiento de la arista superior. De una manera similar construiremos las *plantas por lecho*.

Arco en talus escarpado

Para trazar este dicho arco en talus escarpado le formarás el arco **A** en semicírculo y le bajarás los plomos de las juntas que atraviesen la planta y asimismo tirarás la línea **B** que es figura del talus escarpado donde se ha de hacer el dicho arco y tirarás la línea perpendicular **C** que es figura del plomo que divide la caída del dicho talus y sacarás a nivel los extremos de las juntas del arco **A** que toquen en la dicha línea **C** y para sacar las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **D** tomarás el ancho de su bolsor desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño lo galgarás de cuadrado con la línea 3 y la que se galgare será la línea 4 después tomarás lo que encoge el talus por esta junta desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño echarás de cuadrado en la línea 4 desde el punto 7 al punto 8 y a este dicho punto 8 tirarás la testa de la dicha planta por cara desde el punto 9 en línea recta y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo y para sacar las plantas por lechos las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **F** tomarás el largo de su junta desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño galgarás con la línea **c** y la que se galgare será la línea **d** después tomarás lo que encoge el talus por el tardos de esta dicha junta desde el punto **e** al punto **f** y este tamaño lo desviarás del lado de la planta **E** por la línea **d** desde el punto **g** al punto **h** y a este dicho punto **h** tirarás la testa de la planta por lecho en línea recta desde el punto **i** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lecho para plantarlas al justo

En primer lugar, resulta un tanto sorprendente que esta *traza* aparezca después del *Arco avanzado en talus plano*³⁰³ y no antes. Decíamos al

³⁰³ V. p. 151.

comentar aquél que tenía un origen fundamentalmente militar, derivado de los taludes y escarpas de la fortificación bajomedieval y renacentista, que pasan a otras arquitecturas. Pues bien, cabe pensar que es éste, el talud con inclinación inferior a la vertical [107], el primero en aparecer, pues representa la cara exterior inclinada del talud, que aparece en las construcciones militares, mientras que el *Arco avanzado en talus plano*, con inclinación superior a la vertical, representa la cara inclinada interior, lo que presupone un muro inclinado. También es revelador comprobar que esta construcción ostenta el nombre de *talus escarpado*, de clara resonancia militar, mientras que la otra recibía el más abstracto de *talus plano*.

La sospecha se ve reforzada al comprobar que esta *traza*, el *Arco en talus escarpado*, se describe en veintiocho líneas, con notación de mayúsculas y minúsculas y de forma más prolija que el *Arco avanzado en talus plano*, que se liquida en doce sólo con mayúsculas. Como veremos, la distinta inclinación del plano no da lugar a una construcción diferente y, en lo esencial, ambas *trazas* son idénticas, por lo que resulta extraño que la segunda, una simple variante de la primera, se describa con más extensión. Todo esto nos lleva a plantearnos, aunque sólo sea como hipótesis de trabajo, la posibilidad de que se haya alterado el orden en que aparecían las *trazas* en el primer manuscrito de Aranda. Como exponíamos más arriba, no parece que el manuscrito haya sido desmontado o alterado y hay que pensar en una distracción o vacilación del copista.³⁰⁴

Aunque es frecuente encontrar muros en talud en las fortificaciones españolas, no es habitual que se abran en ellos arcos; además de la pareja de las murallas de San Carlos de Cádiz [108], a los que nos hemos referido más arriba, existe un grupo de estos arcos en la fortificación de la Ciudad de Mallorca, en el tramo del Hort del Rei, junto al palacio de la Almudaina.³⁰⁵

Por lo demás, la construcción es idéntica al *Arco avanzado en talus plano*. Daremos comienzo trazando el arco de medio punto A que representa la sección recta del intradós y trasdós del arco que cierra el hueco, y repartiendo las dovelas en partes iguales. Después trazaremos una sección por un plano perpendicular a la traza horizontal del plano

³⁰⁴ V. p. 108 y ss. del Tomo I.

³⁰⁵ Juan JIMÉNEZ MATA y Julio MALO DE MOLINA, *Guía de Arquitectura de Cádiz*, Sevilla, Consejería de Obras Públicas, 1995, p. 206; Martí LUCENA, et al, *Palma. Guía de arquitectura*, Palma de Mallorca, Colegio de Arquitectos, 1997, p. 60, señala que el trazado corresponde al siglo XVI y a los hermanos Fratin, pero no sucede lo mismo con la construcción, que se alarga hasta el siglo XVIII.

Figura 107. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 58.

Figura 108. Arcos en la muralla de San Carlos en Cádiz.

Arco en talus escarpado

inclinado, formada por una línea vertical que corta a esta traza y por la línea C que representa el plano inclinado.

A continuación pasamos a obtener las *plantas por cara* por un método que ya hemos visto más de una vez. Para obtener la *planta* de una dovela, supongamos la primera, abatiremos con eje en su arista inferior. Como es lógico ésta no se desplaza por el abatimiento. La arista superior se transforma en un segmento 4 paralelo a la arista inferior que podemos trazar fácilmente midiendo la distancia entre ambas aristas en el alzado, desde el punto 1 al punto 2. Los extremos de ambas aristas no estarán situados sobre la traza del plano a causa de su inclinación. Podemos tomar su posición de la sección: estarán separados de la traza del plano inclinado una longitud 5 6; llevaremos esta separación entre el plano y su traza sobre las aristas largas de la *planta por cara* partiendo de la traza y obteniendo así ambos extremos de las aristas, con lo que habremos obtenido la *planta por cara*.

Esta *traza* se relaciona con la «Porte sur la tour ronde [...] en talus» de Philibert de L'Orme, que une a la dificultad del talud la del paramento curvo.³⁰⁶ Como Vandelvira, De L'Orme traza la proyección en planta de la testa del arco y construye las *plantas* en sección o aparte, para «no entoscar la traza», puesto que representa como Vandelvira la proyección en planta de las testas de las dovelas del arco, quizá para comprobar la corrección de su asiento. En la tradición española, un continuador de Aranda es García Berruguilla, que no traza la proyección horizontal del arco y por tanto puede construir las plantillas en planta y no en sección como Vandelvira; pero introduce un rasgo singular al disponer la sección del muro girada, de forma que la vertical coincide con el eje del arco y no con su línea de impostas.³⁰⁷

Arco en talus escarpado viaje por testa

Para trazar este dicho arco en talus escarpado viaje por testa le formará el arco A en semicírculo y le bajará los plomos de las juntas que atraviesen la planta y lleguen en blanco a tocar a el lado de la planta que hace viaje B y tirará la línea del talus escarpado C y la línea

³⁰⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 68 v. y 69 r.

³⁰⁷ Juan GARCÍA BERRUGUILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, Madrid, Francisco Mojados, p. 100.

perpendicular **D** que divide la caída del dicho talus y sacarás a nivel los extremos de las juntas del arco **A** que toquen en la línea **D** y para sacar las plantas por caras y por lechos tomarás las distancias que hubiere en las líneas tiradas a nivel de las juntas del arco **A** entre las líneas **C D** y estos tamaños echarás en los plomos que bajaron de las dichas juntas desde el lado de la planta **B** como parece entre los números 1 2 3 4 5 6 7 8 y con el cuadrado que hicieren estos dichos puntos desde el lado **E** sacarás las plantas por caras y por lechos conforme se hizo en el arco en talus escarpado a 57 planas de este libro.

Si el *Arco avanzado en talus plano*³⁰⁸ venía acompañado de dos variantes, el *Arco avanzado en talus plano en viaje por testa* y el *Arco avanzado en talus plano viaje por cara*, a su vez el *Arco en talus escarpado*³⁰⁹ viene seguido por este *Arco en talus escarpado viaje por testa* y por el *Arco en talus escarpado viaje por cara*, que resuelven el caso del intradós del arco oblicuo a la traza horizontal del plano inclinado.³¹⁰

La construcción es idéntica al *Arco avanzado en talus plano en viaje por testa* [109].³¹¹ Como tantas otras veces, daremos comienzo trazando el arco semicircular **A** que representa la sección recta del intradós del arco y repartiendo el dovelaje.

Después construiremos una sección, formada por una línea vertical **D** que corta a la traza horizontal del plano inclinado y por la línea **C** que representa el plano inclinado. Hemos de tener en cuenta que más adelante vamos a obtener los *avanzamientos* llevando distancias paralelamente al eje del arco, y **no ortogonalmente a la traza del plano inclinado**; por tanto, hemos de construir la sección de forma que la línea **C** sea **la intersección del plano inclinado con un plano vertical paralelo al eje del cilindro de intradós**, es decir, tomando lo que dista a una altura dada el plano inclinado de su plomo, **midiendo paralelamente al eje del cilindro de intradós y no perpendicularmente a la traza del plano inclinado**.

A continuación podemos obtener las *plantas por cara* por el mismo procedimiento de otras veces. Para obtener la *planta* de una dovela,

³⁰⁸ V. p. 151 y ss.

³⁰⁹ V. p. 159 y ss.

³¹⁰ V. Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, pp. 152-158.

³¹¹ V. p. 154. Cf. Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, p. 12, que expone esta variante trazando el arco en planta, como hacen De L'Orme y Vandelvira para otros arcos *avanzados*.

Figura 109. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 59.

Figura 110. Philibert de L'Orme, Le Premier tome de l'Architecture, f. 79 v. y 80.

Figura 111. Amedée-Louis Frézier, Traité de stéréotomie, t. II, lám. 78.

Arco en talus escarpado viaje por testa

abatiremos con charnela en su arista inferior. Ésta no se deslaza por el abatimiento, pero la arista superior se transforma en un segmento paralelo a la arista inferior que se puede situar fácilmente ayudándonos del arco **A** del alzado. Los extremos de ambas aristas no estarán situados sobre la traza del plano inclinado, sino más atrás. Podemos tomar su posición de la sección, midiendo lo que se separa la sección **C** del plano del plomo **D** de la traza a la altura de cada punto, y llevando esta separación sobre la proyección de cada arista sobre el plano de tierra, partiendo de la traza del plano inclinado. En el caso de la arista inferior, la proyección coincide con la *planta por cara* y habremos obtenido un vértice **2** de ésta. Pero en el caso de la arista superior, que se ha desplazado en el abatimiento, es necesaria una construcción adicional, para lo cual tomaremos la distancia **5 6** entre plano inclinado y plomo y la llevaremos sobre la proyección horizontal de la arista; y a partir de este punto la llevaremos **perpendicularmente a la arista inferior** hasta cortar con la imagen de la arista superior. Por un procedimiento parecido obtendremos las *plantas por lecho*.

Arco en talus escarpado viaje por cara

Para trazar este dicho arco en talus escarpado viaje por cara le formarás el arco **A** en semicírculo y a este dicho arco le bajarás los plomos de cuadrado que toquen en el lado de la planta **B** y pasen por la dicha planta con el viaje que tuviere y tirarás la línea que sirve de talus **C** y la línea perpendicular que divide la caída del dicho talus **D** y sacarás a nivel los extremos de las juntas del arco **A** que toquen en la línea **D** y para sacar las plantas por caras y por lechos tomarás las distancias que hubiere en las líneas que se tiraron a nivel de las juntas del arco **A** entre las líneas **C D** y estos tamaños echarás desde el lado de la planta **E** que hagan ángulo recto con el dicho lado y vayan a parar a los plomos que pasaron por la dicha planta en viaje como parece entre los puntos **1 2 3 4 5 6 7 8** y con estos dichos puntos sacarás las testas de las dichas plantas por caras y por lechos galgándolos con la línea que sirve de juzgo **F** hasta que toquen en las líneas con que se galgaren de cuadrado las dichas plantas y después tira las testas en línea recta como parece en la traza

Estamos ante otra variante del *Arco en talus escarpado*³¹² que resuelve el mismo problema de la *traza* anterior, esto es, el caso en el que el eje del cilindro de intradós del arco no es perpendicular a la traza horizontal del plano inclinado. La diferencia entre una solución y otra es que en el *Arco en talus escarpado viaje por testa* la sección recta del arco es circular y por tanto la sección por un plano vertical que pase por la traza horizontal del plano inclinado será una elipse rebajada. Si la inclinación del plano no es muy fuerte comparada con el esviaje del arco, la embocadura se verá deformada. Para evitar esta situación se puede recurrir a la solución de este *Arco en talus escarpado viaje por cara* [112], que consiste en tomar como sección recta del semicilindro de intradós no un semicírculo, sino una semielipse peraltada, de forma que la sección del intradós por un plano vertical que pasa por la traza horizontal del plano inclinado sea circular, con lo que compensaremos la deformación de la embocadura; todo ello siempre que, como decimos, la inclinación del plano no sea grande comparada con el esviaje del arco, pues de lo contrario será más importante el efecto de peralte ocasionado por la inclinación que el de achatamiento debido al esviaje.

La construcción es exactamente la misma que la del *Arco avanzado en talus plano viaje por cara*,³¹³ por lo que la describiremos sucintamente. Comenzaremos trazando el arco de medio punto **A** que no representa esta vez la sección recta del cilindro de intradós del arco, sino su sección por un plano vertical que pasa por la traza del plano inclinado, y repartiendo el dovelaje a partes iguales.

Después construiremos la sección esquemática por un plano que esta vez sí será ortogonal a la traza horizontal del plano inclinado, formada por una línea vertical **D** que corta a esta traza y por la línea **C** que representa el plano inclinado.

A partir de aquí, obtendremos las *plantas por cara* como en el segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*.³¹⁴ Para obtener la *planta* de una dovela, abatiremos con eje en su arista inferior, que no se desplaza por el abatimiento, mientras que la arista superior se transforma en un segmento paralelo a la arista inferior que construiremos fácilmente basándonos en el arco **A** del alzado. Los extremos de ambas aristas no estarán sobre la traza del plano inclinado; podemos tomar su posición de la sección, midiendo lo que se separa la sección **C** del plano inclinado del plomo **D** a la altura de

³¹² V. p. 159.

³¹³ V. p. 157.

³¹⁴ V. p. 76.

Figura 112. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 61.

Arco en talud escarpado viaje por cara

cada punto, y llevando esta separación a la proyección de cada arista sobre el plano de tierra. En la arista inferior, la proyección coincide con la *planta* y tendremos un vértice de ésta; en el caso de la arista superior, que se ha desplazado en el abatimiento, es preciso tomar la distancia entre plano inclinado y plomo y llevarla a la proyección horizontal de la arista; y a partir de este punto trasladarla **perpendicularmente** a la charnela, esto es, **al eje del cilindro de intradós** hasta cortar el abatimiento de la arista superior. De una forma similar trazaremos las *plantas por lecho*.

Arco en vuelta de horno por testa

Para trazar este dicho arco en vuelta de horno por testa le formarás el arco **A** en semicírculo y le bajarás los plomos de las juntas que atraviesen la planta y circundaras la vuelta de horno en el lado de la planta **B** y con el cintrel de la dicha vuelta de horno circundarás un pedazo de circunferencia **C** puesto el cintrel en el nivel del diámetro **D** esta circunferencia sirve para ver lo que avanzan las hiladas en la vuelta de horno y tirarás la línea perpendicular **E** para que divida el dicho avanzamiento y tirarás a nivel los extremos de las juntas del arco **A** que toquen en la circunferencia **C** para sacar las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **F** tomarás el ancho de su bolsor desde el punto **1** al punto **2** y este tamaño galgarás con la línea **3** y la que se galgare será la línea **4** después tomarás lo que avanza la vuelta de horno por su junta desde el punto **5** al punto **6** y este tamaño desviarás desde el punto **7** al punto **8** y tomarás la distancia que hubiere desde el punto **8** al punto **9** este tamaño echarás en la línea **4** desde el punto **10** al punto **11** y a este dicho punto **11** tirarás la testa de la dicha planta por cara desde el punto **12** con la cercha de la vuelta de horno y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo y para sacar las plantas por lechos las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **G** tomarás el largo de su junta desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño galgarás con la línea **c** y la que se galgare será la línea **d** después tomarás lo que avanza la dicha junta en la dicha vuelta de horno desde el punto **e** al punto **f** y este tamaño echarás en su plomo desviándolo de la vuelta de horno desde el punto **g** al punto **h** y desde

el punto **h** al punto **i** tomarás la distancia que hubiere y la echarás en la línea **d** desde el punto **l** al punto **m** y a este dicho punto **m** tirarás la testa de la dicha planta por lecho desde el punto **n** con la cercha de la vuelta de horno y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo y las piezas se labraran plantándoles sus plantas por caras y por lechos

En este caso se trata de abrir un arco no en una bóveda de cañón, sino en una bóveda de horno [113]. Ahora bien, por bóveda de horno se suele entender una bóveda en cuarto de esfera o más generalmente, de intradós esférico, como la de la cúpula del presbiterio de la catedral de Granada³¹⁵ mientras que como veremos, el procedimiento empleado por Aranda conduce a la obtención de *plantas por cara y por lecho* correspondientes a un arco abierto no en una superficie esférica, sino en una superficie de traslación.

El método es muy similar el empleado en el *Arco avanzado en bóveda*.³¹⁶ Comenzamos trazando un arco de medio punto y repartiendo el dovelaje en partes iguales. A continuación trazamos la circunferencia **B** que representa la intersección de la bóveda de horno con el plano de impostas del arco y su sección por un plano vertical **C**. Aranda insiste en que la sección por el plano de impostas y la sección por el plano vertical han de ser del mismo diámetro: *y con el cintrel de la dicha vuelta de horno circundaras un pedazo de circunferencia C puesto el cintrel en el nivel del diamitro D*. Como en el *Arco avanzado en bóveda*, trazaremos una vertical **E** a partir de la cual mediremos el vuelo de la bóveda correspondiente a las cotas de las juntas entre dovelas **2**, **b**, etcétera.

Para construir las *plantas por cara* abatiremos como en otras *trazas* con charnela en la arista inferior de la cara de intradós de cada dovela. La arista inferior **1** no se desplazará, mientras que la superior **2** se transformará en el segmento **4** situado a una distancia de la imposta equivalente a **1 2**, que tomaremos del alzado del arco. Ahora bien, la verdadera magnitud del segmento **4** no vendrá dada sin más por el segmento **9 7** como sucedía en el

³¹⁵ V. Manuel GÓMEZ-MORENO Y MARTÍNEZ, *Las águilas del Renacimiento español*, p. 71; Earl E. ROSENTHAL, *The Cathedral of Granada*, p. 89 de la trad. española; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 63; advierte que es un arco que no está incluido en el manuscrito de Alonso de Vandelvira, a pesar de ser frecuente en los tratados.

³¹⁶ V. p. 140.

Figura 113. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 62.

Figura 114. Amedée-Louis Frézier, *Traité de stéréotomie*, t. I, lám. 3.

Figura 115. Amedée-Louis Frézier, *Traité de stéréotomie*, t. I, lám. 92.

*Arco viaje contra cuadrado por testa*³¹⁷ puesto que hay que tener en cuenta el vuelo de la bóveda. Para ello Aranda toma el vuelo 5 6 de la sección C de la bóveda y lo lleva sobre el segmento 9 7 prolongándolo una longitud 7 8 y transformándolo en el segmento 9 8. A partir de ahí traslada la distancia 9 8 sobre la recta 4 para obtener el punto 11, y ya tiene los cuatro vértices de la *planta por cara* 1 12 11 10.

Esta construcción aparentemente inocente, pues exactamente es la misma del *Arco avanzado en bóveda*, implica que la sección C es válida como sección de la bóveda por cualquiera de los planos correspondientes al segmento 9 7, a la recta c, o en general a cualquier plano vertical paralelo al eje del cilindro de intradós del arco. Esta condición no se cumple en una esfera, donde los paralelos son de radios diferentes. Por tanto, la superficie en la que Aranda está abriendo el arco es la **superficie de traslación** que se obtiene cuando una semicircunferencia se desplaza de forma que uno de sus extremos recorra una circunferencia de igual radio situada en un plano perpendicular al plano de la semicircunferencia y que pasa por su diámetro, superficie que no es de uso frecuente en arquitectura.

No se puede pensar en una inconsistencia entre texto y dibujo, pues el manuscrito no deja lugar a dudas:

tomarás lo que avanza la vuelta de horno por su junta desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño desviarás desde el punto 7 al punto 8 y tomarás la distancia que hubiere desde el punto 8 al punto 9 este tamaño echarás en la línea 4 desde el punto 10 al punto 11

Tampoco cabe pensar en una simplificación deliberada, pues la solución adecuada para obtener una esfera hubiera sido llevar la distancia 5 6 a partir del punto 7 **radialmente**, es decir, en dirección al centro de la esfera, que es el de su sección B por el plano de impostas. En efecto, al ser la esfera una superficie de revolución los meridianos son iguales, al contrario de lo que ocurre con los paralelos y la sección C, que se traza *con el cintrel de la dicha vuelta de horno*, es decir con el mismo diámetro de B, vale para cualquier sección por un plano vertical que pase por el centro de la esfera. Ahora bien, existe una construcción todavía más sencilla, pues al pasar el eje del cilindro de intradós por el centro de la esfera, el conjunto de cilindro y esfera presenta simetría radial respecto al eje del cilindro y la intersección del cilindro con la esfera estará en un plano perpendicular al eje, es decir, en el plano vertical que pasa por el punto 12. Por tanto el segmento 12 11 será paralelo al 10 1 y la *planta por cara* rectangular. Por

³¹⁷ V. p. 41.

mor de la simetría radial, todas las *plantas por cara* serán iguales y, obtenida una, nos valdrá para todas, mientras que en la construcción de Aranda son simétricas dos a dos, con excepción de la de la clave, que sí es rectangular.

Pero además a renglón seguido aparece una nueva confusión entre círculos máximos y menores. Al no tratarse de una esfera, sino de una superficie de traslación, el segmento 11 12 será curvo, pero Aranda no recurre a la construcción del *Arco avanzado en bóveda*, sino que corta por lo sano y traza el segmento *con la cercha de la vuelta de horno*, es decir, con el mismo diámetro de la sección B. Y para terminar, después de obtener las *plantas por lecho* del mismo modo, también las cierra por la testa dando al segmento m n el mismo radio. Para Aranda, todas las secciones de esta extraña superficie por cualquier plano son circunferencias del mismo radio.

Esta manera de proceder, por extraña que parezca, no es exclusiva de Aranda. Las bóvedas catalanas se trazan desde tiempo inmemorial con ayuda de una cercha ligera que se va desplazando.³¹⁸ Hacia 1525, bajo la maestría de Jacopo Torni en la catedral de Murcia, se traza una curiosa bóveda anular en el paso entre sacristía y antesacristía, con forma de superficie de traslación y no de toroide como la del patio del palacio imperial granadino.³¹⁹ Pero el paralelo más próximo en el tiempo y más significativo, es el que se puede establecer con la «Porte sur la tour ronde [...] en talus» de Philibert de L'Orme.³²⁰ Como su propio nombre indica, se trata de un arco abierto en un muro cuyo paramento exterior es a la vez curvo e inclinado. Philibert lo resuelve jugando con una única sección, y las distancias a la base del paramento obtenidas así las traslada paralelamente y no radialmente; por tanto la superficie que obtiene no es un cono, sino la superficie de traslación generada al desplazarse una recta a lo largo de una circunferencia.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que encontramos esta traza siempre en bóvedas medianas o grandes, como la de la catedral de Granada o su derivada en San Martín Pinario de Santiago de Compostela, obra del arquitecto baezano Bartolomé Fernández Lechuga, ligado al medio

³¹⁸ Juan BASSEGODA NONELL, «La bóveda catalana», *Anales de Arquitectura*, 1990, pp. 146-147.

³¹⁹ Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, Murcia, Consejería de Cultura, 1987, p. 135; Alfredo VERA BOTÍ, *La Torre de la Catedral de Murcia. De la teoría a los resultados*, Murcia, Academia Alfonso X, 1993, p. 107; del mismo autor et al., *La catedral de Murcia y su Plan Director*, Murcia, Colegio de Arquitectos, 1994, p. 99.

³²⁰ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 79 v.

Arco en vuelta de horno por testa

Arco en vuelta de horno por testa

granadino y a los Aranda, de alrededor de 1630.³²¹ En estos casos en los que la luz del arco es muy reducida en comparación con el diámetro de la cúpula, el ángulo entre los radios correspondientes al centro del arco y a las jambas es muy pequeño, y el error que se comete al asimilar la esfera a una superficie de traslación prácticamente despreciable.³²²

Arco en vuelta de horno por testa y en viaje por la dicha testa

Para trazar este dicho arco en vuelta de horno viaje por testa le formarás el arco **A** en semicírculo y a este dicho arco le bajarás los plomos de las juntas que toquen en la vuelta de horno tirada en viaje **B** y con el cintrel de esta dicha vuelta de horno circundarás la circunferencia **C** que sirve para ver lo que avanzan las hiladas en la dicha vuelta de horno y tirarás la línea perpendicular **D** para que divida el dicho avanzamiento y sacarás a nivel los extremos de las juntas del arco **A** que toquen en la circunferencia **C** y los avanzamientos que hubiere la dicha circunferencia **C** y la línea **D** los echarás en los plomos que bajaron de las juntas del arco **A** desviados de la vuelta de horno en viaje **B** como parece entre los puntos 1 2 3 4 5 6 7 8 y con las salidas de estos dichos avanzamientos le sacarás sus plantas por caras y por lechos tirando las testas en vuelta de horno conforme se hizo en el arco en vuelta de horno por testa cuadrado a 61 planas de este libro

Este arco es una variante del anterior con la diferencia de que el eje del cilindro de intradós del arco no pasa por el centro de la *vuelta de horno* [116]. Como consecuencia, las *plantas* no son simétricas dos a dos y no podemos reutilizarlas dándoles la vuelta; hemos de obtener todas y cada una de las *plantas por cara y por lecho*, como se refleja en el dibujo.

Por lo demás, el curso de las operaciones es el mismo que el del *Arco en vuelta de horno por testa*.³²³ Empieza construyendo el arco de medio punto correspondiente a la testa plana; después traza la circunferencia **B** que

³²¹ Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, Madrid, Instituto Diego Velázquez, 1966, p. 155; Fernando MARÍAS, «La arquitectura del clasicismo en Galicia», en *Galicia no tempo. Conferencias / otros estudios. Nuevas visiones en torno a la temática de Galicia no tempo*, Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, 1991, p. 177.

³²² También se puede pensar en los arcos abiertos en las bóvedas anulares medievales del sur de Francia. V. Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, t. IX, p. 488.

³²³ V. p. 166.

representa la planta de la *vuelta de horno* a la altura del plano de impostas del arco y su sección por un plano vertical **C**, con el mismo radio. Como en otras ocasiones levanta una vertical **D** a partir de la cual vamos a medir lo que se separa la bóveda de su sección **B** por el plano de impostas a distintas alturas.

Para trazar las *plantas por cara* se abate con charnela en la arista inferior de la cara de intradós de cada dovela. La arista inferior no se moverá, mientras que la superior se convierte en un segmento paralelo a la arista inferior, cuya distancia podemos tomar de la testa **A** y cuya verdadera magnitud vendrá dada al llevar el vuelo de la bóveda en prolongación de la proyección de la arista superior; de esta proyección trasladaremos la verdadera magnitud al abatimiento, con lo que obtendremos los cuatro vértices de la *planta por cara*. Tres lados serán rectos, mientras que para cerrar el cuarto, que corresponde a la testa en la *vuelta de horno*, se trazará un arco de radio igual al de **B** y el de **C**, *conforme se hizo en el arco en vuelta de horno por testa cuadrado*. Como en aquél, no se está obteniendo el dovelaje de un arco abierto en una superficie esférica, sino en una superficie de traslación que tiene por generatriz y directriz dos circunferencias de igual radio.

Arco en vuelta de horno por testa viaje por cara

Para trazar este dicho arco en vuelta de horno por testa viaje por cara le formarás el arco **A** en semicírculo y le bajarás los plomos de las juntas que toquen en el diámetro que sirve de lado de la planta **B** y pasen por la dicha planta con el viaje que tuviere a tocar a la vuelta de horno **C** y asimismo circundarás la circunferencia **D** con el cintrel de la vuelta de horno y tirarás la línea perpendicular **E** para que divida el avanzamiento y tirarás a nivel los extremos de las juntas del arco **A** que toquen en la circunferencia **D** y los avanzamientos que hubiere entre la línea **E** y la circunferencia **D** los echarás de cuadrado en los plomos que pasaron por la planta en viaje desviándolos de la vuelta de horno **C** como parece entre los números 1 2 3 4 5 6 7 8 y con la salida que hicieren estos dichos avanzamientos de la dicha vuelta de horno **C** sacarás las plantas por caras y por lechos galgando las dichas salidas con la línea que sirve de juzgo **F** tirando las testas que miraren a la vuelta de horno con el

Figura 116. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 64.

Arco en vuelta de horno por testa y en viaje por la dicha testa

cintrel de la dicha vuelta de horno y las que sirvieran al lado contrario en línea recta como parece en la traza.

Este arco es una variante de los dos anteriores en el que el eje del cilindro de intradós del arco no pasa por el centro de la *vuelta de horno* y además es oblicuo a la testa plana [117]. El método es similar al de los dos casos anteriores, pero se va a emplear una construcción que se introdujo en el *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*³²⁴ para resolver el problema creado por la oblicuidad de la testa plana.

Se comienza dibujando el arco de medio punto correspondiente a la testa plana; como ésta no es perpendicular al eje del cilindro de intradós la sección recta de dicho cilindro no será una circunferencia, sino una elipse apuntada. Después se construyen las secciones de la bóveda por el plano de impostas del arco, C, y por un plano vertical perpendicular a la testa plana, D, ambas *con el cintrel de la vuelta de horno*, es decir, con el mismo radio, y también se levanta una vertical D a partir de la cual se medirán las distancias horizontales entre el intradós de la bóveda y la vertical a diversas cotas.

Para obtener las *plantas por cara* abatiremos con eje en la arista inferior de cada una de estas *plantas*. La arista inferior no se desplazará, pero la superior se transforma en un segmento paralelo a la inferior situado a una distancia de éste que podemos tomar de la testa A.

Para obtener la verdadera magnitud de las aristas hemos de realizar dos operaciones sucesivas. En primer lugar tomaremos de la sección formada por E y D los vuelos de la bóveda 1 2, 5 6, a la altura de cada arista, tanto inferior como superior, y los llevaremos sobre líneas perpendiculares a la testa plana que pasan por la proyección de los extremos de las juntas de intradós correspondientes al paramento C. Como discutíamos en el *Arco vuelta de horno por testa*³²⁵ al llevar estos vuelos sobre perpendiculares a B lo que se está haciendo es construir el arco abierto en una superficie de traslación, generada por una semicircunferencia que se desplaza con uno de sus extremos en otra circunferencia de igual radio situada en un plano perpendicular al plano de la semicircunferencia. Merece la pena señalar que la construcción gráfica de Aranda es muy extraña a nuestros ojos: las líneas paralelas a las jambas que acaban en 5 y 7 son sólo líneas de construcción, y

³²⁴ V. p. 76.

³²⁵ V. p. 166.

no las proyecciones de las juntas de intradós, que acaban en 6 y 8 y no se representan.

Para obtener la *planta por cara* todavía queda pendiente llevar la verdadera magnitud de la junta de intradós superior desde su proyección a su abatimiento. Para ello haremos uso de la construcción del *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*, que consiste en llevarla no paralelamente al plano **B** de la testa, sino en dirección del *juzgo* **F** perpendicular a las jambas y por tanto a las aristas inferiores que hacen de charnela, puesto que los extremos de las aristas superiores se desplazarán en dirección perpendicular al eje del abatimiento.

Con esto tendremos los cuatro vértices de la *planta por cara*. Se trazarán *las testas que miraren a la vuelta de horno con el cintrel de la dicha vuelta de horno*, es decir, con el radio de las secciones horizontal **C** y vertical **B** de la bóveda y *las que sirvieren al lado contrario en linia reta*. Como en el caso anterior, Aranda parece creer que todas las secciones de la bóveda por cualquier plano son circunferencias del mismo diámetro.

Arco en vuelta de horno por cara

Para trazar este dicho arco en vuelta de horno por cara le formarás la planta como parece en los lados opuestos señalados con las letras **A B** y circundarás la vuelta de horno **C** en que se ha de hacer el dicho arco y formarás el arco **D** que sirve de testa del arco por el lado **A** y el arco **E** sirve de testa del dicho arco por el lado **B** y para sacar la planta por cara para labrar todas las piezas de este dicho arco se ha de sacar de esta manera supongo que se ha de sacar la planta por cara **F** tirarás la línea visual **G** que toque en los puntos 1 y 2 y pase a tocar a la línea **H** al punto 3 y de este dicho punto 3 circundarás los dos pedazos de círculo en blanco 4 5 y tomarás en el arco **D** el ancho de su bolsor desde el punto 1 al punto 6 y este tamaño echarás en el pedazo de círculo 4 desde el punto 1 al punto 7 y tomarás el ancho del bolsor del arco **E** desde el punto 2 al punto 8 y este tamaño echarás en el pedazo de círculo 5 desde el punto 2 al punto 9 y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y formarás la dicha planta por cara como parece entre los números 1 2 7 9 para plantarla al justo y la planta por lecho quedará

Figura 117. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 65.

Arco en vuelta de horno por testa viaje por cara

Figura 118. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 66.

Figura 119. Nicho en las escaleras que bajan del Jardín de los Frailes a la huerta del Monasterio del Escorial

Figura 120. Cabecera de la iglesia del convento de dominicos de La Guardia, libre de escultura.

formada con los dos lados A B y con la vuelta de horno C como parece en la planta por lecho I

Aparentemente este arco se asocia a los tres arcos anteriores *en vuelta de horno*, pero en realidad está más próximo al *Arco abocinado*³²⁶ e incluso a la «Capilla redonda en vuelta redonda» de Vandelvira,³²⁷ esto es, a la bóveda de naranja. No se trata de un arco **abierto** en un paramento esférico o pseudoesférico, sino de un arco **de intradós** esférico [118]. Hasta ahora habíamos visto arcos con intradós cilíndrico, ya sea circular o elíptico, cónico recto u oblicuo, pseudocónico, en cuerno de vaca, en «biais passé» o paso oblicuo, conoidales, pero ésta es la primera aparición en el manuscrito del intradós esférico o pseudoesférico, que aproxima este arco al mundo de las cúpulas.³²⁸ No lo volveremos a encontrar hasta la segunda parte, con los capialzados *en cercha*.

Geométricamente el problema es el mismo que el que se plantea en el «Ochavo de La Guardia» de Alonso de Vandelvira, que toma su nombre del presbiterio de la iglesia de los Dominicos de La Guardia de Jaén, obra de su padre [120].³²⁹ En este «corte», el intradós es la porción de superficie esférica comprendido entre dos círculos máximos situados en dos planos perpendiculares entre sí y un círculo menor dispuesto en un plano paralelo a uno de los dos anteriores; o si se prefiere verlo de una forma más intuitiva, entre el ecuador, un paralelo y un meridiano. Varía, eso sí, el tratamiento y como consecuencia la solución, pues el «Ochavo de La Guardia» está resuelto por cruceros mientras que el intradós del arco que nos ocupa es liso.³³⁰ Otra pieza relacionada con esta *traza* es la terminación

³²⁶ V. p. 109.

³²⁷ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 60 v. a 61 v.

³²⁸ V. José Carlos PALACIOS, «La estereotomía de la esfera», *Arquitectura*, 1987, pp. 56-59.

³²⁹ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 103 v. V. Fernando CHUECA GOITIA, *Andrés de Vandelvira, arquitecto*, pp. 273-277 de la ed. de 1995; Diego ANGULO INÍGUEZ, «La iglesia parroquial de La Guardia (Jaén)», *Boletín de la Academia de Bellas Artes de San Fernando*, 1971, p. 83; Lázaro GILA MEDINA y Miguel Ruiz Calvente, «El programa iconográfico de la iglesia de Dominicos de La Guardia (Jaén)», *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada*, 1984, pp. 183-198; María Soledad LÁZARO DAMAS, «El Convento de Santa María Magdalena de la Cruz, de la Guardia. Programa Constructivo», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 1988, pp. 115-143; Arsenio MORENO, *Los Castillo, un siglo de arquitectura en el Renacimiento andaluz* pp. 22-24; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 246-47; Lázaro GILA MEDINA, y Vicente M. RUIZ PUENTES, «Andrés de Vandelvira: aproximación a su vida y obra», en *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, Sevilla, Consejería de Cultura, 1992, pp. 97-99.

³³⁰ Alonso de VANDELVIRA, *ibid.*, dice que «la cual es la misma traza que media boveda de Murcia», pero en los propios dibujos de Vandelvira el «Ochavo» la planta es una porción de círculo formada por un segmento de recta y dos arcos **del mismo círculo** y menores de noventa grados; como resultado la superficie de intradós es esférica. Por el contrario en la «Bóveda de Murcia» la planta es un falso óvalo y la superficie de la

en cuarto de esfera de los grandes nichos que aparecen en el basamento del Jardín de los Frailes del monasterio escurialense, realizados entre 1581 y 1583; conceptualmente se trata del mismo «corte», con el añadido de una pieza polar que termina el cuarto de esfera [119].³³¹ Más literalmente aparece en la capilla funeraria de los Benavides en la cabecera de la iglesia conventual de San Francisco de Baeza, obra de Andrés de Vandelvira; en algunos nichos laterales de la iglesia del santuario de Loyola; en la fachada de la compañía de Jesús de Arequipa de 1698; y en el espléndido ejemplar de la fachada de la catedral nueva de Cádiz, que surge con los proyectos de Manuel Machuca.³³²

Volviendo a nuestro arco, si el muro es de paramentos verticales y paralelos, el problema resulta sorprendentemente sencillo gracias a la simetría radial de la esfera. Si la sección de la esfera de intradós por el plano de impostas es un círculo máximo, el eje del arco es diámetro de la esfera, y el conjunto de muro y esfera presenta simetría radial respecto al eje del arco a los efectos que nos interesan.

Comenzaremos trazando en planta los paramentos A y B del muro y la sección C de la esfera de intradós por el plano de impostas. Trazar y repartir en partes iguales los dos arcos de medio punto D y E correspondientes a las testas no presenta ninguna dificultad. Para obtener la *planta por cara* comenzaremos trazando la cuerda 1 2 de la jamba, que es un arco de círculo al formar parte de la circunferencia C. Prolongaremos la cuerda de la jamba hasta encontrar el eje H del arco en el punto 3. El otro vértice 9 de la *planta por cara* en la testa menor estará a una distancia del punto 2 que podemos tomar del alzado de la testa, pues es equivalente a 2 8; pero además este vértice 9 distará del punto 3 una distancia igual a 2 3, pues todas las juntas entre dovelas presentan simetría radial respecto al

bóveda es tórica (v. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pg 160-163 y José María GENTIL BALDRICH, «La traza oval y la Sala Capitular de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica.», p. 112); para fijar ideas, podemos examinar la bóveda lateral del presbiterio de Santiago de Orihuela (v. Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, pp. 47 y 250), en los que la planta está formada por dos cuadrantes de arcos distintos y un segmento de recta; en esta bóveda, que sí equivale a «media bóveda de Murcia», la superficie de intradós no es esférica sino tórica como en la murciana.

³³¹ Sobre esta parte de la fábrica, v. Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 427; «Juan de Herrera y el Escorial», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, p. 23.

³³² Para Arequipa, v. Ramón GUTIÉRREZ, *Arquitectura y urbanismo en Iberoamérica*, Madrid, Cátedra, 1983 pp. 166-167 de la ed. de 1992, y *Barroco iberoamericano*, Barcelona, Lunwerg, 1997, lámina 22; para Cádiz, v. Juan JIMÉNEZ MATA y Julio MALO DE MOLINA, *Guía de Arquitectura de Cádiz*, Sevilla, Consejería de Obras Públicas, 1995, pp. 133-135.

Arco en vuelta de horno por cara

Arco en vuelta de horno por cara

eje H. Conocemos por tanto las distancias del punto 9 a los puntos 2 y 3, por lo que podemos situarlo fácilmente trazando la intersección de dos arcos de círculo; en realidad estamos abatiendo la *planta por cara* del salmer sobre el plano de impostas. Del mismo modo situaremos el punto 7, que está a una distancia 1 6, medida en la testa mayor, del punto 1; y a una distancia 3 1 del punto 3.

Tenemos con ello los cuatro vértices 1 7 5 2 de la *planta por cara*. Aunque en este caso las cuatro aristas son curvas, las de las testas por formar parte de los arcos de medio punto y las del intradós por estar contenidas en la esfera, no necesitaremos construir la curvatura de ninguna. Como hemos discutido en la *definición cuarta* y en los arcos *en torre redonda contra cuadrado* y *en torre cavada contra cuadrado*³³³ lo que se busca no es que la plantilla desarrolle la cara a labrar, sino que represente su proyección sobre un plano, normalmente el definido por los cuatro vértices de la *planta*.

Gracias a la simetría radial, una sola *planta por cara* nos bastará para labrar todas las dovelas, como ocurría en el *Arco abocinado* y como ocurre en todas las dovelas de una misma hilada en la «Capilla redonda en vuelta redonda» de Vandelvira. Y como también ocurre en uno y otra, la *planta por lecho*, también única, se obtiene directamente de la planta, sin más que tomar una jamba y su trasdós y los dos segmentos de paramento contenidos entre ambos.

Arco desquijado en la cara

Para trazar este dicho arco desquijado en la cara le formarás el arco A en semicírculo este dicho arco servirá para entrambas testas y la circunferencia B sirve para el diente del dicho arco y se han de labrar todas las piezas con la planta por cara tirada en blanco C que se sacó con el ancho del bolsor desde el punto 1 al punto 2 echando el dicho ancho desde el punto 3 al punto 4 y se han de labrar todas las juntas con la planta por lecho D como parece entre los ángulos 5 6 7 8 9 10

Alonso de Vandelvira expone en su «Viaje por testa»³³⁴ un procedimiento para labrar las dovelas de arcos con molduras en las testas, consistente en «extender las molduras en las saltarreglas», es decir, trazar la

³³³ V. pp. 27, 87 y 95.

³³⁴ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 19 v. V. también f. 19 r.

sección de la moldura, llevar las coordenadas radiales de los puntos que la definen a la «saltrarregla» vandelviriana³³⁵ y a partir de estos puntos, bajar verticales sobre las que se toma la profundidad de cada punto, obteniendo así la moldura deformada para cada cara de lecho [122]. Aranda aborda una construcción semejante en la que se plantea hallar no sólo la *planta por lecho* de un arco con molduras, sino también su *planta por cara* [121]. La voluntad didáctica de Aranda está en las antípodas de la presentación espectacular de algunas soluciones de De L'Orme; en lugar de poner como ejemplo una moldura medianamente complicada como Vandelvira, expondrá el curso de las operaciones con la moldura más sencilla posible, un simple resalto o *diente*; y con objeto de hacerse entender mejor, empieza por un arco que tiene como única dificultad esta moldura o *desquijo*, para que el lector asimile la solución antes de abordar las *trazas* que combinan el *desquijo* con la oblicuidad de las testas.

Así, aborda en primer lugar un caso elemental, el arco de medio punto abierto perpendicularmente en un muro de paramentos paralelos que tiene como única dificultad las molduras que parecen destinadas al quicio de una puerta. El carácter didáctico de esta *traza* queda de manifiesto cuando comprobamos que no es fácil encontrar ejemplares que la materialicen literalmente, como los arcos formeros de la iglesia de Santa María de Betancuria, en Fuerteventura, de la primera mitad del siglo XVII.³³⁶

Comenzará como siempre levantando el arco de medio punto A y el alzado de las molduras B. A continuación abatirá el segmento 1 2 con charnela en 1 para obtener el 4 4, tomando la distancia 3 4 como equivalente a la 1 2 del alzado, y con eso tenemos la *planta por cara* C, que valdrá para todas las dovelas dado que el arco tiene simetría radial respecto al eje del intradós. Por esta misma razón, la única *planta por lecho* D se obtiene directamente de la planta de las impostas, y sirve para todas las dovelas del arco.

Aranda no representa en la *planta por cara* más que el rectángulo C, correspondiente a la rosca más interior del arco. Eso puede entenderse en el sentido de que al ser el sólido capaz un arco de medio punto normal, se labraría o al menos desbastaría la dovela de la forma habitual para después

³³⁵ Téngase en cuenta que «saltrarregla» tiene en Vandelvira un sentido algo diferente del que tiene en Aranda. En los dos autores, equivale al ángulo que forman la junta de intradós con la junta de testa de una dovela; pero mientras Aranda se refiere también con este término con frecuencia a una línea que representa la junta de intradós, Vandelvira la identifica con el abatimiento de la junta de testa.

³³⁶ Juan Sebastián LÓPEZ GARCÍA, *La arquitectura del Renacimiento en el Archipiélago canario*, La Laguna, Instituto de Estudios Canarios, 1983, pp. 128-129.

Figura 121. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 68.

Figura 122. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 19.

Arco desquijado en la cara

marcar la rosca interior con la *planta* C y robar después para darle la forma definitiva. Por tanto el avance respecto del procedimiento de Vandelvira no es espectacular; sin embargo, esta *traza* tiene el interés de ser la primera que aborda la solución del problema de las *plantas por cara* en las piezas con molduras y también el de servir de introducción a las dos siguientes, que abordan casos más complicados por el mismo procedimiento, graduando las dificultades con sentido didáctico.

Arco desquijado en la cara disminuido

Para trazar este dicho arco desquijado en la cara disminuido le formarás el arco A en semicírculo que sirve para entrambas testas y la circunferencia B sirve para el diente o cara del dicho arco y le bajarás los plomos de las juntas que atraviesen los lados opuestos de la planta señalados con la C y con la D y para sacar las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara E tomarás el ancho de su bolsor desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño lo galgarás con la línea 3 y la que se galgare será la línea 4 y después tomarás lo que desvía el diámetro F de la línea en viaje G por el plomo que bajo de su junta desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño echarás en la línea 4 desde el punto 7 al punto 8 y a este dicho punto 8 tirarás la testa de la dicha planta por cara desde el punto 9 y en la testa contraria harás lo mismo y sacarás la dicha planta conforme parece entre los números 8 9 10 11 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo y para sacar las plantas por lechos las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho H tomarás el largo de su junta desde el punto a al punto b y este tamaño galgarás con la línea c y la que se galgare será la línea d y después tomarás lo que desvía el diámetro F del lado de la planta C por el plomo que bajo del tardos de la dicha junta desde el punto e al punto f y este tamaño echarás en la línea d desde el punto g al punto h y a este dicho punto h tirarás la testa de la dicha planta por lecho en blanco desde el punto f y después tomarás el grueso del arco A desde el punto a al punto i y este tamaño lo echarás de cuadrado desde el punto h al punto l y a este dicho punto l tirarás el desquijo de la dicha planta por lecho desde el punto m y haciendo lo mismo en la

testa contraria quedará formada la dicha planta por lecho como parece entre los ángulos señalados con las letras **h l m n o p** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo

Aranda presenta aquí una variante de la *traza* anterior para el caso de un muro de paramentos convergentes [123]; equivale, con molduras, al *Arco disminuido por testa*,³³⁷ que en palabras de Vandelvira «sirve cuando acontece haber en un lado un pilar más grueso que en el otro y es necesario hacer un arco que corresponda a entrambos pilares»³³⁸; en cambio, las líneas que dan forma al *desquijo* se trazan ortogonalmente a las jambas y no siguen el trazado convergente de las testas.

Se empieza levantando la proyección del arco sobre un plano vertical, **A**, reflejando las molduras **B**, así como los dos paramentos del muro **C** y **D**. A continuación pasamos a obtener las *plantas por cara*, y decimos plantas porque aquí no hay simetría radial, ni siquiera bilateral, y será necesario obtener todas y cada una de las *plantas*, aunque la de la clave se puede tomar directamente de la planta. Para trazar las demás abatiremos como tantas veces con eje en la arista inferior de cada dovela, por ejemplo 2, y llevando el *ancho del bolsor* 1 2 sobre la línea de impostas obtenemos el punto 7 a partir del cual trazamos la recta 4 que representa la arista superior de la dovela abatida. Para tener ésta en verdadera magnitud la tomaremos en su proyección, transportando el punto 6 de la proyección al punto 8 del abatimiento y haciendo otro tanto en el lado opuesto:

tomarás lo que desvía el diametro F de la linia en viaje G por el plomo que bajo de su junta desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño echarás en la linia 4 desde el punto 7 al punto 8 y a este dicho punto 8 tirarás la testa de la dicha planta por cara desde el punto 9 y en la testa contraria harás lo mismo

Con esto tendremos los cuatro vértices de la *planta por cara*, que como en la *traza* anterior, refleja únicamente el *diente* o moldura interior del intradós. Más laborioso es trazar la *planta por lecho*, que sí ha de abarcar toda la cara de junta entre dovelas y el manuscrito que conocemos la expone de una forma un tanto atropellada; pero se puede reconstruir fácilmente el procedimiento, que es el mismo que venimos usando desde el *Arco viaje contra cuadrado por testa*,³³⁹ pero aplicado a una forma más compleja con seis u ocho vértices de una forma gradual que consiste en trazar primero la envolvente de la *planta* y después detallar sus entrantes.

³³⁷ V. p. 45.

³³⁸ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 19 r.

³³⁹ V. p. 41.

Figura 123. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 69.

Arco desquijado en la cara disminuido

Abatiremos la junta de lecho con charnela en **b**. La longitud del segmento **a b** se traslada a la línea de impostas, lo que nos permite construir la línea **d** paralela a la **c** a una distancia **e g** equivalente a la **a b**. Después deberíamos tomar la longitud entre paramentos de la proyección de **a** y transportarla a su abatimiento; aunque aquí el manuscrito sufre un error, probablemente de transcripción, y se refiere a la proyección de **b**:

tomarás lo que desvíe el diámetro F del lado de la planta C por el plomo que bajo del tardos de la dicha junta desde el punto e al punto f y este tamaño echarás en la línea d desde el punto g al punto h y a este dicho punto h tirarás la testa de la dicha planta por lecho en blanco desde el punto f

Es evidente que esta solución es incorrecta porque entonces la *planta por lecho* o mejor dicho su envolvente, sería rectangular, lo que es impropio de un arco de paramentos convergentes; la solución correcta es tomar no la distancia **e f**, sino la misma distancia del paramento a una línea de referencia en la línea de proyección del punto **a**, que no aparece marcada y denominaremos **e**. No parece lógico que Aranda, que ha aplicado la misma construcción correctamente en el *Arco disminuido por testa*, y el *Arco disminuido y dividido en dos* y soluciones similares en otros muchos, desconozca esto; hay que pensar en una distracción al realizar la copia que conocemos.

Obtenida así la envolvente de la *planta por lecho* podemos obtener el punto **i** abatido, que estará en **h f**, sin más que llevar la longitud **a i** a la línea de impostas desde **g** y bajar una vertical que corte a la envolvente **h f**: *de cuadrado* dice correctamente el manuscrito, y no a lo largo de **h f**; con eso situamos el punto **l**, imagen abatida del **i**. Más complejo es trazar el punto **m**, pues si la planta tiene ocho vértices no podemos apoyarnos en la envolvente; tendremos que trazarlo por el método general, bajando la vertical correspondiente sin marcar en el dibujo y que llamaremos **β**, obteniendo la recta abatida **m n** y tomando su longitud de la proyección de **β**. El manuscrito no da explicaciones de esta construcción, y lo que es peor, habla de una planta por lecho de seis vértices **h l m n o p** cuando el alzado refleja una sección del arco de ocho vértices, como la del *Arco desquijado en la cara*.

Pero a pesar de las imprecisiones del manuscrito, lo que está claro es que se extiende el procedimiento de construcción que venimos utilizando desde el principio a una forma con más de cuatro vértices, mediante un procedimiento basado en la utilización de una envolvente. La próxima *traza* arrojará algo más de luz sobre este modo de obrar.

Arco desquijado en la cara y en viaje por la dicha cara

Para trazar este dicho arco desquijado en viaje por cara le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve para las dos testas y la circunferencia **B** sirve de diente del dicho arco y le bajarás los plomos de las juntas que toquen en el lado de la planta **C** y pasen por la dicha planta con el viaje que tuviere los que bajaren de la circunferencia **B** tocarán en las líneas **D E** y los que salieren del tardos de las juntas del arco **A** tocarán en el lado de la planta **F** y las plantas por caras de este dicho arco las sacarás con el ancho que tuviere el bolsor por la circunferencia **B** y con el juzgo de la línea **G** como se hizo en el arco viaje contra viaje por cara a 16 planas de este libro como parece en el lado de la planta **H** y las plantas por lechos las sacarás primero en blanco con el largo que tuvieren las juntas en el arco y con el juzgo de la línea **G** conforme se hizo en el dicho arco viaje contra viaje por cara a 16 planas de este libro y después de haberlas sacado en blanco como arriba he dicho les echarás sus desquijos y las formarás conforme parece en el lado de la planta **I**

Se trata de una nueva variante del *Arco desquijado por cara*,³⁴⁰ pero esta vez la planta no es trapezoidal sino romboidal [124]. Como vimos en su momento³⁴¹ al resolver el arco de planta romboidal, es decir, aquel en el que las dos jambas son paralelas entre sí pero oblicuas a las testas que a su vez son también paralelas entre sí, surgen nada menos que cinco variantes, empezando por el elemental *Arco viaje contra viaje fuera de simetría*; el *Arco viaje contra viaje por testa* en el que las testas son semielipses rebajadas; el segundo *Arco viaje contra viaje por cara*, en el que las testas son semicirculares y la sección por un plano ortogonal a las jambas es una semielipse peraltada; y el clásico «biais passé» aquí representado por el primer *Arco viaje contra viaje por cara*, ya sea *por robos* o *por plantas* que resuelve al mismo tiempo el problema de las testas circulares y el de los planos de lecho perpendiculares a las testas y a la directriz del arco, con lo que evita el **empuje al vacío** que presentan los otros arcos de la familia.

Pues bien, en este *Arco desquijado por la cara y en viaje por la dicha cara* se adopta la solución del segundo *Arco viaje contra viaje por cara*;³⁴² es decir

³⁴⁰ V. p. 175.

³⁴¹ V. p. 82.

³⁴² V. p. 76.

Figura 124. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 71.

Arco desquijado en la cara y en viaje por la dicha cara

se adopta un cilindro de intradós cuya sección recta es una semielipse apuntada para conseguir que las testas sean circulares y mejorar el aspecto exterior del arco. Podemos compararlo con las soluciones de Vandelvira, que aborda la construcción de molduras en el «Viaje por testa», de embocaduras elípticas y sección recta circular, pero no en el más complejo «Viaje contra viaje»,³⁴³ equivalente a la *traza* que estamos analizando. Por tanto, la solución de Aranda parece representar un avance, una mayor soltura en el manejo de la molduración respecto a lo que se hacía veinte años antes. Pero no se llega a afrontar la complejidad de disponer los planos de lecho pasando por un eje perpendicular a las testas, como en el «biais passé», quizá porque bastante dificultad aporta ya el *desquijo*.

Planteadas así las cosas, el método es básicamente el del segundo *Arco viaje contra viaje por cara*. Comenzaremos trazando la testa del arco, que como decimos es un arco de medio punto, y lo haremos en su plano aunque la dirección de proyección sea la paralela a las jambas. Esta vez no basta con construir únicamente la *planta por cara* del *diente* o rosca interior del arco, pues la labra de la dovela no es trivial como en el *Arco desquijado por cara*. Será necesario disponer de la *planta por cara* de todo el intradós para desbastarla antes de terminarla con la *planta por cara* del *diente*. Aranda no habla directamente de la *planta* de toda la dovela, pero parece dar a entender que ha de sacarse también *como se hizo en el arco viaje contra viaje por cara a 16 planas de este libro*.

Para obtener las *plantas por cara* del *diente* abatiremos como otras veces con charnela en la arista inferior de la *cara*; la superior se transformará en un segmento paralelo a la charnela. Pero en este caso dicha arista ya no es una recta de punta, por lo que el punto abatido del extremo de la arista superior estará en una recta que pasa por su proyección sobre el plano de impostas y es perpendicular a la charnela, es decir, al eje del arco; para facilitar el trazado de varias de estas líneas Aranda dibuja una línea G perpendicular a ellas; como se decía al estudiar el segundo *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas*, en los trazados a tamaño natural en el suelo es más fácil trazar una perpendicular que una paralela. Si trazamos un arco con centro en el vértice inferior de la *planta por cara* y radio igual a la distancia entre los vértices inferior y superior, que podemos tomar del alzado, tendremos el vértice superior en la intersección del arco con la perpendicular a la charnela. Del mismo modo situaremos el punto de la

³⁴³ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 19 r., 27 v.

otra cara; con ello tendremos definidos los cuatro vértices de la *planta por cara* del *diente*, H.

Por un procedimiento análogo vamos a construir las *caras de lecho*, pero en este caso han de ser completas, con ocho vértices. El manuscrito describe esta construcción lapidariamente:

las plantas por lechos las sacarás primero en blanco con el largo que tuvieren las juntas en el arco y con el juzgo de la linia G conforme se hizo en el dicho arco viaje contra viaje por cara a 16 planas de este libro y después de haberlas sacado en blanco como arriba he dicho les echarás sus desquijos y las formarás conforme parece en el lado de la planta I

Si confrontamos esta sucinta descripción con el dibujo, veremos que en primer lugar se traza una envolvente de la *planta por lecho* como si el arco no estuviera *desquijado*; esta construcción se traza *en blanco*, es decir, marcando en el área de trazado una línea más débil y por supuesto ayudándose de la línea G como en toda construcción derivada del segundo *Arco viaje contra viaje por cara*. En una segunda fase se construyen los entrantes o *desquijos* dentro de la envolvente, es de suponer que por el mismo procedimiento.

La construcción es enormemente ilustrativa de la mentalidad de la época. Aranda conoce el procedimiento para abatir un cuadrilátero; y siente la necesidad de abordar el problema de abatir una forma con un número mayor de vértices, que no se contempla en otros tratados o manuscritos de la época, que sepamos. Pero no ataca el problema generalizando la regla para *n* vértices, sino que procede paso a paso, utilizando una envolvente. Es decir, como lo que los lectores de Aranda deben conocer y comprender a estas alturas del texto es el trazado de una *planta por lecho* cuadrilátera, se comienza trazando una envolvente cuadrilátera, dentro de la cual se van construyendo otros cuadriláteros para situar los diversos vértices de la *planta*. El procedimiento refleja la transición entre los hábitos mentales de la Baja Edad Media y el Renacimiento, con su recurso a la analogía y la semejanza,³⁴⁴ y una actitud que preludia la ciencia moderna en la que cabe la innovación, la generalización y la aplicación del saber abstracto a los problemas concretos.

³⁴⁴ V. Michel FOUCAULT, *Les mots et les choses*, París, Gallimard, 1966 (Trad. esp. de Elsa Cecilia Frost, 21 ed. española, *Las palabras y las cosas*, Madrid, Siglo Veintiuno, pp. 26-34).

Arco por esquina y por rincón

Para trazar este dicho arco por esquina y por rincón le formarás el arco **A** en semicírculo y le bajarás los plomos de las juntas que atraviesen la planta y toquen en los lados de la dicha planta **B C** el lado **B** sirve para la testa que hace esquina y el lado **C** sirve para la testa que hace rincón la circunferencia **D** es la forma que ha de tener el arco después de labrado por cualquiera de los lados y sirve para cimbría esta se ha de extender con el alto que tuvieren los plomos en el arco **A** y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en el lado de la planta **C** como se hizo en la tercera definición de esta primera parte figura **O** y para sacar las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **E** tomarás el ancho de su bolsor desde el punto **1** al punto **2** este tamaño lo galgarás con la línea **3** y la que se galgare será la línea **4** después tomarás en el plomo que bajo de su junta lo que hubiere desde el punto **5** al punto **6** y este tamaño echarás en la línea **4** desde el punto **7** al punto **8** y a este dicho punto **8** tirarás la testa de la dicha planta por cara desde el punto **9** y tomarás en el dicho plomo lo que hubiere desde el punto **6** al punto **10** y este tamaño echarás en la línea **4** desde el punto **8** al punto **11** y a este dicho punto **11** tirarás la testa contraria desde el punto **12** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo y las plantas por lechos se han de sacar de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **F** tomarás el largo de su junta desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño lo galgarás con la línea **c** y la que se galgare será la línea **d** después tomarás en el plomo que bajo del tardos de la dicha junta la distancia que hubiere desde el punto **e** al punto **f** y este tamaño echarás en la línea **d** desde el punto **g** al punto **h** y a este dicho punto **h** tirarás la testa de la dicha planta por lecho desde el punto **i** y tomarás en el dicho plomo lo que hubiere desde el punto **f** al punto **l** y este tamaño echarás en la línea **d** desde el punto **h** al punto **m** y a este dicho punto **m** tirarás la testa contraria desde el punto **n** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo y si este dicho arco por hacer tanto viaje hiciere la primera junta algún género de garrote subirás la primera planta por cara

fuera de su simetría la veintena parte del ancho de su bolsor como se hizo en el arco viaje contra viaje por testa a 9 planas de este libro

No es redundante que Aranda llame *Arco por esquina y por rincón* a un arco abierto justamente en el encuentro de dos muros en ángulo recto [125]. Como iremos viendo, existen arcos *por esquina*, en un ángulo saliente; *por rincón*, en un ángulo entrante; y *por esquina y por rincón*, en ángulo entrante por una testa y saliente por otra, como el que nos ocupa y que da comienzo a una serie de cinco variantes. Aranda abordará en primer lugar el caso más sencillo, en el que los muros son de espesor uniforme, y el plano bisector de los dos muros hace de plano de simetría del conjunto; en trazas sucesivas irá acumulando complejidades como la oblicuidad de los muros o el abocinamiento o *capialzo* del hueco.

Esta primera *traza* es equivalente a la «Porte et voute sur le coing» de Philibert de L'Orme [128] y a la «Puerta en esquina y rincón» de Vandelvira [130]; también la encontramos en el manuscrito llamado de Alonso de Guardia [131].³⁴⁵ De L'Orme nos dará la razón de su empleo:

las esquinas y ángulos son las partes de los edificios, como he dicho, que deben ser más fuertes [...] Cuando es necesario hacer en esos lugares huecos de puertas y ventanas no se deben hacer dinteles, pues por muy grandes y gruesas piedras que pusieras no valdría de nada. Quiero mostrarte como se puede proceder con seguridad y sin ningún peligro [...] podrás hacer una puerta, no diré de tres pies [...] sino de diez, doce o tan ancha como precises.³⁴⁶

La presencia de esta solución en el *Premier tome de l'Architecture* resulta un tanto sorprendente, pues se trata de elemento típicamente español,³⁴⁷ que se separa de las ventanas de ángulo venecianas, como las del Palazzo

³⁴⁵ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 72 v a 74 r; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 20 v.; Alonso de GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería* (Manuscrito c. 1600. Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori ...*, Libro II, Venecia, 1566, Biblioteca Nacional de Madrid, ER/4196, f. 81 v.); v. también P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 153-161; Thomas Vicente TOSCA, *Tratado de Arquitectura Civil, Monte y Cantería, y Reloxes*, tratado XV, p. 114-116 de la ed. de 1727; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 56-57.

³⁴⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 72 v.: «les coings & angles, sont les lieux des bastiments, comme i'ay dict, qui doiuent estre les plus forts [...] Quand on est contrainct de faire en tels lieux les ouuertures des portes ou fenestres il fault qu'elles ne soient quarrées, & encores moins plattes, quelques grandes pierres & grosses que vous puissiez auoir pour les faire car cela ne vaudroit rien. Je veux toutesfois monstrier comme on y pourra seurement & sans aucun danger proceder [...] vous y pourrez faire une porte, ie ne diray de trois pieds [...] ains de dix, douze & tant que vous en aurez en aurez affaire».

³⁴⁷ V. Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 151; cita las bóvedas anervadas como una especialidad española; sin embargo, guarda silencio sobre los arcos *en esquina y rincón*. Tras De L'Orme, la solución aparece en Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, p. 18, como caso particular del arco en esquina y en talud.

Figura 125. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 72.

Figura 126. Ventana de la casa llamada de Colón en Valladolid, libre de rejería.

Severo, el Palazzo Dario³⁴⁸ o las reflejadas en los dibujos de Filarete y Jacopo Bellini y las *vedute* de Canaletto, porque estas constan de dos arcos enteros, mientras que las españolas y la delormiana se componen de dos semiarcos.³⁴⁹

En la España del siglo XVI son numerosísimas, dictadas sin duda por el deseo de dominar con la vista dos calles, por razones que van desde lo defensivo al puro y simple comadreo. Son frecuentes las soluciones adinteladas, como las de Ciudad Rodrigo, del palacio de Fabio Nelli en Valladolid o de la casa de Castril en Granada, en las que es imprescindible el pilar o la columna y que se relacionan en cierto modo con las del Palazzo Severo; en Úbeda parece que llegó a entablarse una seria competición entre los señores de la ciudad, con dos ventanas una sobre otra en el palacio Vela de los Cobos o tres en la torre del Conde de Guadiana.³⁵⁰

Pero son tan populares o más los ejemplos en arco, que aparecen ya en el siglo XV, como la puerta de acceso al Micalet desde la catedral de Valencia; se pueden citar además el palacio Azcárraga de Salvatierra de Álava, un palacio en Vergara, otro en Villafranca de Oria, el palacio de los Guzmanes en León de 1558-1561, de Rodrigo Gil o Juan del Ribero Rada, con una ventana única en una esquina y tres encabalgadas en otra, al modo de Úbeda; el palacio Pimentel o Ribadavia y la llamada casa de Colón de Valladolid [126], el acceso a la sacristía de la Iglesia del Salvador de Úbeda, construida por Andrés de Vandelvira, la basílica de San Isidoro de León [127], el palacio santanderino de Villatorre en la Plaza Vieja, desaparecido en el incendio de 1941, varios ejemplos en Trujillo entre los que destaca el palacio de Hernando Pizarro o de los Marqueses de la Conquista de la segunda mitad del siglo XVI, la casa de los Ríos en Soria comenzada en 1530 o incluso el Hospital de Jesús de México, ya en 1535.³⁵¹ Este grupo se

³⁴⁸ Deborah HOWARD, *The Architectural History of Venice*, Londres, B. T. Batsford, 1980.

³⁴⁹ Paloma del HOYO Y ALONSO-MARTÍNEZ, «Las ventanas de ángulo del Renacimiento Español», *Goya*, 1976, pp. 228-230.

³⁵⁰ Para Granada, v. Rafael LÓPEZ GUZMÁN, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, Granada, Diputación, 1987, pp. 417-421; Ignacio GÁRATE ROJAS, «Restauración de la Carrera del Darro», *Restauración & Rehabilitación*, 1995, pp. 18-27; para Úbeda, Fernando CHUECA GOITIA, *Andrés de Vandelvira, arquitecto*, Jaén, Diputación de Jaén, 1971, pp. 234-237 de la ed. de 1995; Arsenio MORENO, *Úbeda Renacentista*, Madrid, Electa, 1993, pp. 100, 128-130, 143-146.

³⁵¹ Para una discusión general de las ventanas de ángulo, v. Paloma del HOYO Y ALONSO-MARTÍNEZ, «Las ventanas de ángulo del Renacimiento Español», *Goya*, 1976, pp. 228-233 y José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 56-57; para Valencia, Daniel BENITO GOERLICH, et al., «Valencia», *La España Gótica. Valencia y Murcia*, Madrid, Encuentro, 1989, pp. 270, 278; Fernando MARIAS, «Materiales y técnicas: viejos fundamentos para las categorías arquitectónicas del Quinientos», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, p. 264; Arturo

separa completamente del modelo veneciano representado por la «Casa en un lugar pantanoso y acuático» de Filarete³⁵² o el Palazzo Dario, pues en éstos la ventana la forman dos arcos de medio punto completos que apoyan en una columna o, como sucede en algunos dibujos de Jacopo Bellini, en una clave pinjante. En cambio, la solución española, recogida por De L'Orme, se articula con dos medios arcos que se encuentran uno contra otro, sin necesidad de columnas ni claves pinjantes que resuelvan la unión actuando como elemento intermedio.

Así pues, tenemos en España dos usos bien diferentes de la misma *traza*: aparece como puerta interior, que comunica dos estancias que no se podrían unir de otro modo, en Valencia y en Úbeda; pero el empleo predominante es como ventana exterior que busca dominar dos calles, en el resto de ejemplares citados. En De L'Orme parece invertirse la proporción: habla de «puertas y ventanas» pero lo que le preocupa en realidad son los problemas del paso, y no los de dominar dos calles.³⁵³

Aranda comenzará como en otras ocasiones trazando un arco de medio punto A que le ha de servir de base a la construcción. Pero ahora este arco no está situado en un plano paralelo a ninguna de las testas de los muros; por el contrario, está en un plano vertical perpendicular al plano bisector de los dos muros, y por tanto, forma en planta un ángulo de cuarenta y cinco

ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna», *ibid.*, p. 102; Joaquín BÉRCHEZ y Francesc JARQUE, *Arquitectura Renacentista valenciana*, p. 33; para León, Fernando CHUECA GOITIA, *Arquitectura del siglo XVI*, p. 337; John D. HOAG, *Rodrigo Gil de Hontañón*, pp. 178-180; Antonio CASASECA CASASECA, *Rodrigo Gil de Hontañón*, pp. 227-233; para Valladolid, Fernando CHUECA GOITIA, *Arquitectura del siglo XVI*, pp. 88-89; para Úbeda, Fernando CHUECA GOITIA, *Andrés de Vandelvira, arquitecto*, p. 129 de la ed. de 1995; Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 411; Arsenio MORENO, *Úbeda Renacentista*, Madrid, Electa, 1993, p. 196; para Santander, Begoña ALONSO RUIZ, «Urbanismo y clasicismo en Santander: La plaza vieja hacia 1600», en *Juan de Herrera y su influencia*, pp. 322-323; para Trujillo, Fernando CHUECA GOITIA, *Arquitectura del siglo XVI*, p. 120, 123; Salvador ANDRÉS ORDAX, et al., *Inventario artístico de Cáceres y su provincia*, Madrid, Ministerio de Cultura, 1989, t. II, pp. 319, 322, 323-324; para Soria, Fernando CHUECA GOITIA, *Arquitectura del siglo XVI*, pp. 89-90; José María CAMÓN AZNAR, *La arquitectura y la orfebrería española del siglo XVI*, Madrid, Espasa Calpe, 1959, p. 103; para México, Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, «Aproximación al estudio de la construcción en la Nueva España», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, p. 244. Por sorprendente que parezca, la pieza sale fuera del ámbito de la cantería para encontrar acomodo en las custodias de plata de Ávila y Valladolid, obra ambas de Juan de Arfe; v. Carlos SARTHO CARRERES, y Pedro NAVASCUÉS PALACIO, *Catedrales de España*, Madrid, Espasa-Calpe, 1998, p. 37, 347.

³⁵² Antonio Averlino llamado FILARETE, *Tratatto*, c. 1460, l. XXI, f. 169 v. Se trata en realidad de un proyecto de palacio para Francesco Sforza, la actual Ca' del Duca, del que quedan unos pocos restos en la planta baja. V. Ludwig H. HEYDENREICH, «El Quattrocento», en *Architecture in Italy 1400-1600*, Hardmondsworth, Pelican, 1974 (Tr. esp. de Carlos Laguna y José Casas, *Arquitectura en Italia 1400-1600*, Madrid, Cátedra, p. 140)

³⁵³ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 72 v.

Figura 127. Ventana en la basílica de San Isidoro de León.

Arco por esquina y por rincón

grados con cualquiera de los cuatro paramentos, exteriores e interiores, de los dos muros. A continuación proyectará este arco de medio punto sobre los muros perpendicularmente a su plano y por tanto, oblicuamente a los mismos muros. Como consecuencia, sobre cada muro aparece un semiarco cuya traza es un cuarto de elipse rebajada; si la flecha del arco de medio punto vale α y por tanto su luz 2α , la flecha del semiarco proyectado en cada muro será α , pero su luz será $\alpha\sqrt{2}$; es decir, un cuarto de elipse más ancho que alto; algo parecido sucedía en el *Arco viaje contra viaje por testa*.³⁵⁴

Esta no es la única forma de trazar esta ventana; en principio, podría pensarse en disponer semiarcos de medio punto, y así parece estar hecho en la llamada casa de Colón de Valladolid [126]. Sin embargo, De L'Orme, Vandelvira y Aranda utilizan la misma construcción, que parece responder a un deseo de achatar la ventana para compensar ópticamente la deformación producida al verla bajo un ángulo de cuarenta y cinco grados. Parece existir un reflejo, indirecto si se quiere, de las correcciones ópticas en columnas y frisos de la tradición vitruviana.³⁵⁵

Es significativo observar que Vandelvira utiliza correcciones ópticas de efecto inverso en dos «pechinas» de ángulo, la «pechina en viaje escarzana» y «la pechina en esquina apuntada» [129].³⁵⁶ En la primera de ellas la corrección tiene el mismo sentido que en nuestro *Arco por esquina y por rincón*: se dispone el arco de medio punto en un plano perpendicular a la bisectriz del ángulo y se proyecta en dirección de la bisectriz, con lo que la dimensión horizontal del arco proyectado será mayor que la del arco original, mientras que las distancias verticales serán las mismas; como consecuencia, el efecto será de arco rebajado si miramos de frente a los muros; pero si nos colocamos en el plano bisector percibiremos aproximadamente un arco de medio punto.

En la «pechina en esquina apuntada» se busca el efecto inverso: se dispone también el arco de medio punto en un plano perpendicular a la bisectriz del ángulo pero no se proyecta paralelamente, sino según líneas que cortan a una línea vertical que a su vez corta a la bisectriz; podríamos hablar de una proyección «conoidal». En cualquier caso la dimensión horizontal del arco proyectado será menor que la del arco original, mientras que las distancias verticales serán las mismas; como consecuencia, el efecto

³⁵⁴ V. p. 48.

³⁵⁵ Fernando MARÍAS, y Agustín BUSTAMANTE, «Las 'Medidas' de Diego de Sagredo», pp. 106, 122.

³⁵⁶ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 10 v, 14 v - 15 r.

si miramos de frente a los muros será de arco apuntado; y si nos colocamos en el plano bisector el efecto de apuntamiento será muy acusado.

Volviendo al *Arco por esquina y por rincón*, la solución de Aranda, que es la de Vandelvira y De L'Orme, tiene efectos positivos de coherencia formal y estructural. Al proyectar en una dirección oblicua a los paramentos de los muros, toda la composición del arco queda inscrita en una geometría compleja formada por dos sistemas entrelazados, el de los paramentos y el de la bisectriz. En la sacristía del Salvador, el palacio Pimentel y el palacio de los Guzmanes, esta geometría se explota con brillantez, disponiendo los extremos de las cornisas en punta de flecha como señala Marías³⁵⁷, y circunscribiendo las columnas con un rombo, lo que les da sección oval. Por otra parte, disponer las juntas entre dovelas de manera que las juntas de intradós sean paralelas a la bisectriz es la solución estructuralmente menos mala, pues la resultante del esfuerzo axial formará un ángulo de aproximadamente cuarenta y cinco grados con los planos de junta próximos a la clave. La otra alternativa, disponer los planos de junta perpendiculares a los paramentos, somete a la clave a dos esfuerzos horizontales ortogonales que no se compensan entre sí.

El procedimiento de construcción es prácticamente idéntico a los anteriores. La testa posterior es igual a la anterior y se puede obtener por traslación. Obtendremos las *plantas por cara*, para fijar ideas la E, abatiendo con eje en su arista inferior, representada por la recta de punta 2. Si tomamos del arco A la distancia 1 2 podremos situar el abatimiento de la arista superior de la *planta por cara* como la recta 4, distante una longitud 1 2 de la recta 3 que representa el eje del abatimiento. Para obtener sus extremos, hemos de tener en cuenta que en el abatimiento se desplazarán en un plano vertical perpendicular a la charnela; por tanto, de la proyección 6 de un extremo de la arista superior se pasa al abatimiento del mismo extremo trazando una perpendicular a 6 10 hasta que intersecte a la recta 4, para obtener el punto 8, o lo que es lo mismo, *tomarás en el plomo que bajo de su junta lo que hubiere desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño echarás en la linia 4 desde el punto 7 al punto 8*.

Del mismo modo obtendremos el otro extremo de la arista superior 11 y con él tenemos los cuatro vértices 9 8 11 12 de la *planta por cara*; por análogo procedimiento obtendremos las *plantas por lecho*. Dado que el arco es simétrico respecto al plano bisector, sólo será necesario obtener las

³⁵⁷ Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 411.

Arco por esquina y por rincón

Figura 128. Philibert de l'Orme, Le Premier tome de l'Architecture, f 72.

Figura 129. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 10 y 14 v.

Figura 130. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 20.

Figura 131. Alonso de Guardia, Manuscrito de arquitectura y cantería.

Figura 132. Amedée-Louis Frézier, Traité de stéréotomie, t. I, lám.36.

plantas por lecho y por cara de uno de los semiarcos, reutilizándolas en el otro sin más que darles la vuelta.

Si queremos obtener el desarrollo de la testa de uno de los semiarcos resulta muy fácil emplear el procedimiento de la *difinition tercera* de esta primera parte:³⁵⁸ se bajan verticales desde los extremos inferiores de las juntas de testa del arco A hasta tocar con proyección en planta del paramento C en los puntos 10 y siguientes, con lo que obtendremos unas distancias horizontales mayores que las del arco A; a continuación podemos levantar líneas verticales desde estas intersecciones y tomar sobre ellas las cotas de los extremos inferiores de las juntas de testa, tales como 1 5, con lo que podremos construir el arco D en verdadera magnitud.

Al contrario de lo que sucedía en el *Arco viaje contra viaje por testa*, ni Aranda ni Vandelvira nos presentan una solución alternativa en la que se corrija la forma elíptica de las testas, equivalente a los arcos *viaje contra viaje por cara* en los que se va a testas circulares. Esta solución no presenta grandes dificultades y de hecho es la que se aplica en la llamada casa de Colón de Valladolid, con semiarcos en cuarto de círculo; pero se puede observar que a causa de la oblicuidad de los paramentos, este arco, a pesar de ser de traza circular, se percibe como apuntado, dándole a los huecos un cierto aire gótico; sin duda, De L'Orme, Vandelvira y Aranda rebajan sus arcos voluntariamente, para compensar el efecto visual de apuntamiento provocado por la oblicuidad de los paramentos.

Aranda, al contrario que Vandelvira, es consciente de que la oblicuidad del arco da lugar a un cierto **empuje al vacío** que queda sin contrarrestar, que propone resolver peraltando el arco a modo de un *Arco fuera de simetría*:³⁵⁹ *y si este dicho arco por hacer tanto viaje hiciere la primera junta algún género de garrote subirás la primera planta por cara fuera de su simetría la veintana parte del ancho de su bolsor.*

³⁵⁸ V. p. 22.

³⁵⁹ V. pp. 65 y 82. Cf. Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, p. 137: «La *Porte sur le coin* est un des Traits de la Coupe des pierres qu'on exécute rarement, & qu'un bon Architecte sçait éviter; parce que lorsqu'on est obligé de placer une porte dans un angle saillant ou rentrant, ce qui arrive quelquefois, on y forme un Pan [...] Où il fait observer que l'angle doit être au moins Droit; car s'il est plus aigu, l'appareil aura peu de solidité; parce que les voussoirs pousseront au vuide, & ne se soutiendront que par la longueur de leur queue».

Arco por esquina y por rincón de lados y ángulos desiguales

Para trazar este dicho arco por esquina y por rincón le formarás el arco **A** de suerte que el lado **B** sea un cuarto de círculo y el lado **C** se ha de extender endulcidamente como parece en el dicho arco y le bajarás los plomos de las juntas que atraviesen la planta que son los lados **D E** y sacarás las plantas por caras y por lechos echando los anchos de los bolsos y largo de juntas con el desvío que causaren los dichos plomos en los lados de la dicha planta galgándolos con el diámetro **F** como se hizo en el arco por esquina y por rincón a 71 planas de este libro y las circunferencias extendidas que han de servir de cimbrias se sacaran en cada lado de por si como se saco en el dicho arco por esquina y por rincón figura **D**

Por una vez, esta *traza* representa la generalización de la anterior. Se trata de abrir un *Arco por esquina y por rincón*, es decir, en el encuentro de dos muros, pero esta vez no se encuentran en ángulo recto, ni existe plano de simetría, y además los dos muros son de espesor variable [133]. Por tanto nos encontramos ante el caso más general de este tipo de arcos, dejando aparte las complicaciones adicionales como abocinamientos, capialzados y *desquijos* que se abordarán en las tres trazas siguientes.

Philibert de L'Orme no incluye la traza por extenso en su *Architecture*, pero la cita como variante de la «Porte & voute sur le coing». Sí la incluye Vandelvira, como «Arco en rincón desigual» [134], pero con la diferencia de que el arco de Vandelvira es sólo «en rincón» es decir, una de las dos testas es en ángulo entrante y la otra plana.³⁶⁰ Vandelvira renuncia a exponer la *traza* puesto que «es por la misma orden que la de la puerta en esquina» pero señala dos rasgos específicos: por una parte, debido a la asimetría, «Van sacadas todas sus plantas y saltarreglas porque son todas diferentes», como en tantas otras tantas trazas asimétricas y al contrario de

³⁶⁰ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 73 v.; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 21 r.; existe una solución similar en Alonso de GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería* (Manuscrito c. 1600. Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori ...*, Libro II, Venecia, 1566, Biblioteca Nacional de Madrid, ER/4196), que se muestra por una vez más próximo a Vandelvira que a Aranda. También es interesante Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, p. 135: «si les faces ne sont pas égales [...] résulte une inégalité de ceintre en chaque face [...] il convient de prendre l'arc-droit pour ceintre primitif».

Figura 133. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 74.

Figura 134. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 21 r.

Figura 135. Alonso de Guardia, Manuscrito de arquitectura y cantería.

Arco por esquina y por rincón de lados y ángulos desiguales

lo que sucedía en la «Puerta en esquina y rincón», esto es, el *Arco por esquina y rincón* de Aranda.³⁶¹

El otro problema es específico de esta *traza*; debido también a la asimetría, «son menester tres cimbras, una para el diente bajo que es viaje por testa y otra para el diente de la mano derecha y otra para el de la izquierda». Lo que sucede es que los dos medios arcos correspondientes a los dos muros tienen luces diferentes, pero deben tener la misma flecha pues de lo contrario no se encontrarán en la clave. Aranda es aquí un poco más explícito que Vandelvira: resuelve el problema trazando el *juzgo* o construcción auxiliar *de suerte que el lado B sea un cuarto de círculo y el lado C se ha de extender endulcidamente como parece en el dicho arco*.

Lo que no dice Aranda es cómo se ha de *extender endulcidamente*, esto es, convertir en arco de elipse el semiarco C. Esta operación se puede resolver mediante una variante del procedimiento descrito en la *difinition tercera* de esta primera parte,³⁶² trazando en primer lugar el semiarco B y construyendo después el C de modo que las cotas de los extremos inferiores de sus juntas de testa sean iguales a las cotas de estos puntos en B, y que las distancias en planta de esos puntos al vértice de la *esquina* sean mayores que las de B en proporción a las luces de los respectivos semiarcos. Pero en este caso la operación no se puede resolver geométricamente en un solo paso, porque los dos semiarcos están en el plano del *juzgo*; la solución más sencilla es utilizar un plano intermedio, por ejemplo los propios planos de los muros.

Una posible construcción para resolver este problema se basaría en repartir el dovelaje en la mitad semicircular y trasladar sus ordenadas a la otra mitad, obteniendo las abscisas de la planta. Para ello trazaremos la línea B C que ha de servir de base del *juzgo* y sobre ella construiremos el semiarco correspondiente al extremo B con su dovelaje. Bajaremos verticales a partir de los extremos de las juntas de testa, que por otra parte necesitamos para trazar las *plantas*, obteniendo sus intersecciones con la planta α_2'' , α_3'' , etcétera; trazando paralelas a la línea base del *juzgo* $\alpha_1 \alpha_1'$ desde los puntos α_2 , α_3 , y bajando verticales desde las juntas de un arco auxiliar Δ podemos situar en las intersecciones de verticales y horizontales los extremos inferiores de las juntas de testa del semiarco C.

³⁶¹ V. p. 185.

³⁶² V. p. 22.

Construido el singular *juzgo* de este arco, se proyecta sobre los muros ortogonalmente a su plano. Al proyectar oblicuamente a los mismos muros un cuarto de círculo y una elipse rebajada, las testas de los arcos serán dos elipses rebajadas. Pero ni a Aranda ni a Vandelvira parece preocuparles esta desigualdad, quizá porque así se compensa el efecto óptico de arco peraltado que causa la oblicuidad de los muros. Al contrario de lo que sucedía en el *Arco por esquina y por rincón* las dos testas son diferentes y deben obtenerse por separado, dando lugar a dos *cimbrias* diferentes que se obtienen por el procedimiento de la *definición tercera*. Vandelvira, recordemos, necesitaba tres porque el arco que elige como ejemplo tiene una cara «en rincón» y otra plana.

A partir de aquí, el procedimiento de construcción es prácticamente idéntico al anterior. Obtendremos las *plantas por cara* abatiendo con eje en su arista inferior, representada por una recta de punta, y tomaremos del arco *A* la distancia entre las dos juntas de intradós de la dovela, con lo que podremos situar el abatimiento de la arista superior de la *planta por cara*. Para construir sus extremos, que se mueven en un plano vertical perpendicular al eje del abatimiento, pasaremos de la proyección en planta de un extremo de la arista superior a su abatimiento trazando una paralela al *juzgo B C* hasta que intersecte al abatimiento de la arista superior de la dovela; del mismo modo obtendremos el otro extremo con lo que tendremos los cuatro vértices de la *planta por cara*, y por el mismo método obtendremos las *plantas por lecho*. Ahora bien, como decíamos, la asimetría del arco nos obliga a obtener las *plantas* de ambos lados.

Arco por esquina y por rincón capialzado

Para trazar este dicho arco por esquina y por rincón capialzado le formarás el arco *A* en semicírculo que sirve para testa del lado de la planta que hace esquina *B* y formarás el arco *C* en segmento menor de círculo que sirve para testa del lado de la planta que hace rincón *D* y para sacar las plantas por lechos se han de sacar de esta manera supongo quieres sacar la planta por lecho *E* tomarás el largo de su junta desde el *a* al punto *b* y este tamaño echarás de cuadrado desde el punto *c* al punto *d* que toque la regla en el punto *e* y al dicho punto *d* tirarás la testa grande de la dicha planta por lecho en blanco desde el punto *f* después tomarás lo que capialza la dicha junta desde el punto *b* al punto *g* y este tamaño galgarás con la línea *h* que toque en la testa en

blanco en el punto *i* y a este dicho punto *i* tirarás la cara de la dicha planta por lecho desde el punto *l* y la testa desde el punto *d* y sacarás la testa contraria como se hizo en el arco por esquina y por rincón a 71 planas de este libro como parece entre los ángulos *d i l m* y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo y las plantas por caras se han de sacar de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara *F* tomarás el largo de la cara de la dicha planta por lecho desde el punto *i* al punto *l* y este tamaño echarás desde el punto *1* al punto *2* después tomarás el ancho de su bolsor desde el punto *3* al punto *4* y este tamaño echarás de cuadrado desde el punto *5* al punto *6* que toque la regla en el dicho punto *2* y al dicho punto *6* tirarás la testa de la dicha planta por cara desde el punto *7* y la testa contraria la sacarás conforme se hizo en el dicho arco por esquina y por rincón a 71 planas de este libro como parece entre los cuatro ángulos *6 7 8 9* y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo la figura *G* es la cimbría del arco *C* esta se ha de sacar con las alturas de los plomos del dicho arco y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en el lado de la planta *D*

Esta *traza* representa una nueva variante del *Arco por esquina y por rincón* [136]; esta vez la dificultad añadida no viene dada por la irregularidad de lados y ángulos, sino por el *capialzo* del arco; por lo tanto una de las testas - en el manuscrito, la externa - se construirá proyectando sobre los paramentos un arco de medio punto, *A*, mientras que la otra vendrá dada por la proyección sobre los paramentos del lado interior de un arco escarzano *C* con radio algo mayor y centro un poco más bajo que *A*; los centros de los dos arcos, escarzano y de medio punto, estarán el plano bisector del ángulo que forman los dos muros. Además de las dos testas, cada una de ellas abatida en un lado del dibujo, trazaremos para facilitar las operaciones la proyección de *C* en el alzado correspondiente a *A*. Hecho esto, podemos pasar a repartir el dovelaje, mediante un haz de planos de canto que pasan por el eje de *C* y dividen éste en partes iguales; *A* quedará dividido en tramos desiguales, pero el efecto será casi inapreciable.

Para obtener las *plantas por lecho* abatiremos como en otras ocasiones con eje en una recta de punta que pase por el vértice inferior de la planta *b*. Este vértice no se moverá por estar en la charnela, pero los otros tres sí; el

tercero, **a**, se moverá en una recta perpendicular a la charnela que pasa por su proyección en planta **e** y estará a una distancia de la charnela que podemos tomar del alzado, **a b**; llevando esta distancia sobre la perpendicular a la charnela desde **c** obtendremos **d**.

A continuación hubiera sido igual de sencillo obtener de la misma forma el segundo vértice, pero Aranda emplea una construcción ingeniosa para evitar bajar un *plomo* desde **g** y trazar una línea más; construye la imagen abatida de la testa desde su intersección con la charnela **f** hasta el tercer vértice y halla el segundo vértice tomando del alzado su distancia a la charnela. La clave de esta construcción está en que *tomarás lo que capialza la dicha junta desde el punto **b** al punto **g** y este tamaño galgarás con la línea **h** que toque en la testa en blanco en el punto **i***. Es decir, no se toma la distancia de **g** a **b** ni a **a**, que no están representadas en verdadera magnitud en el arco **A**, ya que éste se proyecta sobre un plano oblicuo; pero sí se puede tomar en verdadera magnitud la distancia entre el punto **g** y la recta de punta que pasa por **b** y llevarla, no sobre la testa abatida, sino perpendicularmente a la charnela **h**; el punto **i** estará sobre una paralela imaginaria a **h** que dista de ella la longitud **g b** tomada del alzado y también sobre la testa abatida **f d**, con lo que lo tenemos perfectamente determinado.

Podemos comparar la construcción de la *planta por lecho* con las del *Arco capialzado en viaje por testa*.³⁶³ Allí el segundo vértice se obtenía correctamente situándolo en una perpendicular a la charnela y tomando la distancia a la charnela del alzado; por el contrario el tercero se situaba de una forma imprecisa al tomar su distancia no a la charnela sino al segundo vértice; hay que tener en cuenta que en aquel «corte», como en éste, el alzado se había proyectado sobre un paramento oblicuo y por tanto, la *tirantez* no estaba representada en planta en verdadera magnitud. Aquí se construye primero el tercer vértice con exactitud, generalizando la construcción que nos daba para el segundo el *Arco capialzado en viaje por testa*; el segundo se construye por un procedimiento diferente pero que en realidad tiene la misma base geométrica. El arco **A** no representa las *tiranteces* en verdadera magnitud a causa de la proyección sobre el muro oblicuo, pero podemos tomar la distancia entre cualquier punto y la charnela, que es una recta de punta.

³⁶³ V. p. 132.

Figura 136. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 76.

Arco por esquina y por rincón capialzado

El cuarto vértice se obtiene *como se hizo en el arco por esquina y por rincón*.³⁶⁴ Allí se tomaba una paralela a la arista baja de la *planta por lecho* y a ella se trasladaban las proyecciones de los extremos de la arista larga; la operación era fácil porque la línea de impostas del arco formaba ángulo recto con ambas aristas y así servía de *juzgo*; en cambio, aquí no hay una perpendicular a la charnela que nos ayude en esta construcción. De todas formas, trazando una paralela a *i l* que pase por *d* y una perpendicular a *h* que pase por la proyección en planta del cuarto vértice, obtendremos en su intersección el punto *m* que cierra la *planta por lecho l i d m*.

La construcción de las *plantas por cara* se describe de una forma bastante confusa. Para obtener las *plantas* de la segunda dovela, Aranda conoce las longitudes de las dos juntas de intradós, pues son las de las aristas inferiores de las dos *plantas por lecho* de la dovela; también puede obtener fácilmente las longitudes de las aristas cortas tomándolas de las *cimbrias* de las testas; sólo le faltará un dato para definir el trapezoide que forma la *planta*. Pero toma como verdadera magnitud de la arista inferior de la *planta por cara* su proyección 7 8, lo que no es cierto porque las juntas de intradós de la segunda y posteriores dovelas no son horizontales; sólo la arista inferior del salmer es horizontal.

A continuación toma la longitud de la arista inferior de la *planta* del lecho alto, y la lleva sobre una perpendicular a *B* trazada por la proyección horizontal de uno de los vértices superiores de la dovela, como si estuviese abatiendo con eje en una recta perpendicular al plano bisector del ángulo formado por los dos muros, para obtener el punto 2 y por ese punto traza una paralela a *B* sobre la que se situará el vértice 6 a una distancia de 5 equivalente a la cuerda de la dovela. El texto dice *tomarás el ancho de su bolsor desde el punto 3 al punto 4*; aunque los puntos 3 y 4 no figuran en el dibujo, se pueden identificar sin duda con los extremos inferiores de las *tiranteces* de la dovela tomados en la testa *A*.

Seguidamente nos dice Aranda que *la testa contraria la sacarás conforme se hizo en el dicho arco por esquina y rincón a 71 planas de este libro*. Si se interpreta este pasaje literalmente, habría que trazar una perpendicular al eje del arco que pasara por 1 y una paralela a dicho eje que distara de 8 una longitud igual a la distancia entre los extremos inferiores de las *tiranteces* tomadas en la testa *C*;³⁶⁵ pero en tal caso nada asegura que 6 9 sea igual a

³⁶⁴ V. p. 185.

³⁶⁵ Cabe otra interpretación, aunque es algo rebuscada y acaba conduciendo a los mismos resultados. Cuando Aranda dice *la testa contraria la sacarás conforme se hizo en el dicho arco por esquina y por rincón a 71*

1 i, como sucede en el dibujo; precisamente en el punto 9 se aprecia una característica falta de limpieza en el encuentro que nos hace pensar que Aranda intentó cumplir simultáneamente las tres condiciones. Es decir, Aranda mide mal la longitud 8 7, pero además está utilizando una construcción cuyo sentido geométrico es difícil de entender. Parece que está realizando dos abatimientos sucesivos, uno alrededor de una recta perpendicular al plano bisector del ángulo formado por los dos muros otro alrededor de 7 8, pero entonces no está claro porqué 7 y 9 no se desplazan en el primer abatimiento.

La *traza* no es frecuente en los textos de cantería, pero la podemos encontrar en el *Cuaderno* de Juan de Portor y Castro, con una variante: si Aranda traza un arco semicircular y otro escarzano con los arranques a la misma altura, Portor emplea dos de medio punto con las impostas a distinto nivel.³⁶⁶

Arco por esquina y por rincón abocinado

Para trazar este dicho arco por esquina y por rincón abocinado le formarás el arco A en semicírculo que sirve de testa para el lado de la planta que hace esquina B y asimismo formarás el arco C en semicírculo que sirve de testa para el lado de la planta que hace rincón D y a este dicho arco le sacarás las plantas por lechos con el largo que tuvieren las juntas entre las circunferencias E F como se hizo en el arco por esquina y por rincón capialzado a 75 planas de este libro y las plantas por caras se han de sacar con el largo de las caras de las plantas por lechos como se hizo en el dicho arco por esquina y por rincón capialzado y a cada uno de los dichos arcos A C se les ha de sacar sus cimbrias con el alto que tuvieren sus plomos y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en los lados de la planta como parece

planas de este libro se estaría refiriendo a la *cimbra* de esta segunda testa; habría que trazarla como se hizo en el *Arco por esquina y rincón*, cosa que refleja el dibujo, y situar 9 a una distancia de 8 tomada de la *cimbra*. Pero como decimos, las dos interpretaciones conducen al mismo resultado; podemos trazar una paralela al eje del arco que diste de 8 una longitud igual a la cuerda de la dovela tomada de C, que es la interpretación literal, y un arco de círculo con centro en 8 y longitud igual a la cuerda de la dovela tomada de G, que es la interpretación que estamos examinando aquí; la paralela al eje y el arco de círculo intersectarán sobre la perpendicular al eje trazada por 1, y por tanto el método de la *cimbra* conduce al mismo resultado que *galgar* a partir de 8.

³⁶⁶ Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114.

en las cimbras **G H** extendiéndolas conforme se hizo en la tercera difinition de esta primera parte figura **O**

Esta *traza* representa una nueva variante del *Arco por esquina y por rincón*,³⁶⁷ caracterizada esta vez porque el arco es también *abocinado*; es decir, se trata de un arco abierto en el encuentro de dos muros cuyas testas se obtienen proyectando sobre los paramentos los arcos **A** y **C** que esta vez son de diámetros diferentes [137].

Comenzaremos trazando la planta del arco, en esta ocasión formada por dos muros de igual grosor que se encuentran en ángulo recto. Se proyectarán sobre los paramentos dos arcos de medio punto **A** y **C**, de diámetros diferentes pero que comparten un mismo eje horizontal situado en el plano bisector de los dos muros. Lo lógico es que el arco mayor **A** sea el que corresponde a los paramentos exteriores pues así la jamba, que en el *Arco por esquina y rincón* formaba un ángulo de cuarenta y cinco grados con los paramentos, se aproxima algo a la ortogonalidad.

También construiremos el arco **F**, proyección de **C** en el alzado de **A**, para facilitar las operaciones. Después repartiremos el dovelaje, mediante un haz de planos de canto que pasan por el eje común de **A** y de **C** y dividen a ambos arcos en partes iguales.

Para obtener las *plantas por lecho* abatiremos con eje en una recta de punta que pase por el vértice inferior de la *planta*, que no se desplazará por estar en la charnela. Aranda nos remite para la construcción de los otros tres a la *traza* anterior; el tercero se desplazará en una recta perpendicular al eje del abatimiento que pasa por su proyección en planta y lo podemos situar tomando su proyección del alzado y llevando esta distancia sobre la perpendicular al eje. Después se podría obtener el segundo vértice de la misma manera, pero Aranda nos propone una construcción más económica; construye la testa abatida desde su encuentro con el eje del abatimiento hasta el tercer vértice y sitúa el segundo tomando del alzado su distancia a la charnela, y no su distancia al tercer vértice, que el alzado no reproduce en verdadera magnitud; como sabemos que el segundo vértice está en la testa abatida y conocemos su distancia a la charnela, o dicho de otro modo, podemos trazar una paralela a la charnela que lo contenga, tenemos este segundo vértice localizado inequívocamente.

³⁶⁷ V. p. 185.

El cuarto vértice se puede obtener trazando una paralela a la junta de intradós inferior que pase por el tercer vértice y una perpendicular al eje que pase por la proyección en planta del cuarto vértice; en su encuentro tendremos la imagen abatida de este cuarto vértice, con lo que podremos cerrar la *planta por lecho*.

También nos envía Aranda a la *traza* anterior para la construcción de las *plantas por cara*; pero allí se partía de una base errónea. Para obtener las *plantas* de la segunda dovela y sucesivas, conocemos las longitudes de las dos juntas de intradós, que son las de las aristas inferiores de las dos *plantas por lecho* de la dovela; también se pueden obtener fácilmente las longitudes de los lados cortos tomándolas de las testas; por tanto, sólo le faltará un dato para definir el trapezoide que forma la *planta*. Pero Aranda toma como verdadera magnitud de la arista inferior de la *planta por cara* su proyección en planta, lo que es inexacto porque las juntas de intradós de la segunda y posteriores dovelas no son horizontales; sólo la arista inferior de la primera dovela es horizontal. Después obtendrá la longitud de la arista superior tomándola de una *planta por lecho* y la llevará sobre una paralela al plano bisector de los dos paramentos trazada por la proyección horizontal de uno de los vértices superiores de la dovela, como si estuviese abatiendo con eje en una recta perpendicular al plano bisector del ángulo formado por los dos muros, para obtener un punto por el que trazará una perpendicular al plano bisector sobre la que se situará el tercer vértice de la dovela a una distancia de la proyección del primero equivalente a la cuerda de la dovela tomada de la testa. Del mismo modo obtiene el cuarto vértice, pero dado que está abatiendo las dos aristas cortas de la plantilla de intradós de una forma independiente, no se puede asegurar que el cuarto lado de la *planta* represente en verdadera magnitud la junta de intradós superior de la dovela.

Además de medir erróneamente la longitud de las aristas de la dovela, está empleando una construcción cuyo sentido geométrico es poco claro. Parece que está realizando dos abatimientos sucesivos, uno con charnela en una perpendicular al plano bisector del ángulo formado por los dos muros y otro con eje en la junta de intradós inferior de la dovela, pero entonces no es fácil entender por qué en el primer abatimiento se desplaza un vértice únicamente y no los tres que no forman parte de la charnela.

Aunque no se describe en el texto, tiene interés la construcción de la *planta por cara* del salmer. En el *Arco capialzado por plantas* veíamos una construcción consistente en abatir uno de los lados cortos de la planta, con lo que tenemos situados tres vértices y obtener el cuarto en función de sus

Figura 137. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 78.

Arco por esquina y por rincón abocinado

distancias a los dos vértices contiguos o, lo que es lo mismo, de las longitudes de los dos lados que concurren en el vértice. De esta forma se obtenían en verdadera magnitud los cuatro lados de la *planta*, y una de las diagonales, pero quedaba falseada la otra diagonal. Aquí se emplea una construcción completamente diferente, pues aparecen dos líneas de trazos que dejan bien claro que cada uno de los lados cortos de la *planta* se abate de forma completamente independiente; ni siquiera comparten la charnela, pues las líneas de trazos son perpendiculares al plano de simetría del arco y no a la imposta abocinada. La plantilla obtenida de esta manera representa en verdadera magnitud tres lados y dos ángulos de la cara de intradós de la dovela, pero no el cuarto lado.

Arco por esquina y por rincón desquijado

Para trazar este dicho arco por esquina y por rincón desquijado le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve para las dos testas **B C** y la circunferencia **D** sirve para la cara o diente del dicho arco que son las líneas **E** y para sacar las plantas por caras las sacarás con el juzgo de entre las dos líneas **E** como se sacaron en el arco por esquina y por rincón a 71 planas de este libro como parece en las plantas por caras señaladas con la **F** y las plantas por lechos **G** se han de sacar primero en blanco con el juzgo de entre los lados de la planta **B C** como se sacaron en el dicho arco por esquina y por rincón y después echarás sus desquijos a una parte y a otra como se hizo en las plantas por lechos en el arco desquijado en viaje por cara a 70 planas de este libro y las cimbria para las testas sacarás con el alto de los plomos del arco **A** y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en el lado **C** y la cimbria del diente se ha de sacar con el alto de los plomos del arco **D** y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en la línea **E** como se hizo en el arco precedente

Nos encontramos con una nueva variante del *Arco por esquina y rincón* en la que la dificultad adicional viene dada por el hecho de que la cara de intradós presenta un *desquijo*, es decir una moldura relativamente sencilla

de sección en «V» roma, tal como se hizo en el *Arco desquijado en la cara* y sus variantes [138].³⁶⁸

Aranda comenzará trazando un arco de medio punto **A** que le ha de servir de base a la construcción, así como otro arco menor **D** con el mismo eje, que representa en alzado del *diente* o superficie interior del *desquijo*. Pero estos arcos no están situados en un plano paralelo a ninguna de las testas de los muros, sino en un plano vertical perpendicular al plano bisector de los dos muros, y es necesario proyectarlos sobre los paramentos perpendicularmente a su plano y por tanto, oblicuamente a los muros.

El procedimiento de construcción tiene rasgos del *Arco por esquina y rincón*, pero también de los arcos de la serie del *Arco desquijado en la cara*.³⁶⁹ Como en éstos, sólo se obtiene la *planta por cara* del *diente*, es decir, la superficie interior de las tres que forman el intradós de cada semiarco. Y esto se hace según un procedimiento derivado del empleado en el *Arco por esquina y rincón*, trazando en primer lugar la proyección en planta del *diente*, formada por las dos líneas **E**.

A continuación se abate con charnela en la arista inferior de la dovela, que no se moverá, con lo que tendremos ya dos vértices de esta *planta por cara* reducida, los correspondientes a la intersección de la charnela con las dos líneas **E**; después podemos tomar del arco **A** la distancia entre las dos juntas de intradós de la dovela y así situar el abatimiento del lado superior de la *planta por cara* como una recta paralela a la arista inferior de la dovela y separada de ella una longitud igual a la distancia entre las juntas de intradós. Para obtener sus extremos, tendremos en cuenta que en el abatimiento se desplazarán en un plano vertical perpendicular a la charnela; por tanto, pasaremos de la proyección de cada extremo de la arista superior al abatimiento del mismo extremo trazando una perpendicular a la charnela que intersecte al abatimiento de la arista superior.

Las *plantas por lecho* son aparentemente más complejas pues no se trata de hallar sólo la parte correspondiente al *desquijo* sino muy al contrario, una figura compleja de seis vértices. Pero en realidad se construyen por un procedimiento similar, pues se trata de hallar la envolvente de la *planta* y después reflejar el *diente* basándose en las líneas **E**. Este procedimiento no se desarrollaba en el *Arco desquijado por cara* pues gracias a la simetría radial

³⁶⁸ V. p. 185 para el *Arco por esquina y rincón* y p. 175 para el *Arco desquijado en la cara*.

³⁶⁹ V. pp. 185 y 177.

Figura 138. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 80.

Arco por esquina y por rincón desquijado

las *plantas por lecho* se podían obtener directamente de las jambas, pero sí en el *Arco desquijado en la cara disminuido*.³⁷⁰

Abatiremos con charnela en el lado inferior de la *planta por lecho*, correspondiente a la junta de intradós. Su lado superior, correspondiente al trasdós del arco, será paralela a la charnela y podemos situarla tomando la distancia en alzado entre **D** y el trasdós del arco. Sus extremos los podemos obtener bajando una vertical desde la intersección de la *planta* con el trasdós de **A**; donde esta línea intersecte a **B** trazaremos una perpendicular al plano bisector que llevaremos hasta la arista superior abatida obteniendo así los extremos de ésta y con ellos la envolvente de la *planta por lecho*. Una vez obtenida ésta será fácil hallar los *desquijos* trazando una paralela a la charnela a una distancia igual a distancia entre **D** y **A** medida en el alzado y trazando líneas desde la intersección de esta con las aristas cortas de la envolvente hasta la intersección de las líneas **E** con la arista larga de la envolvente.

Una *traza* similar encontramos en la *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, de Juan García Berruguilla, con una mocheta que separa el *diente* de las otras dos fajas del intradós, como en el *Arco desquijado por cara* de Aranda; también aparece un arco que a la dificultades de la esquina y el *desquijo* une las del *capialzo*. Por lo demás el procedimiento recuerda al de Aranda, pues se construye la envolvente de las *plantas por lecho* en lugar de trabajar punto por punto.³⁷¹

Arco capialzado hacia la menor subida por robos

Para trazar este dicho arco capialzado por robos le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve para el lado de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** en segmento menor de círculo que sirve para el lado de la planta **D** supongo que quieres labrar la primera pieza **E** la labrarás primero de cuadrado con la forma que parece entre los ángulos (**cruz**) **a b c d e** y tenga de largo lo que tuviere de ancho la planta entre los ángulos **d e f g** y después de labrada de esta forma la robarás por el lado que sirviere al arco **A** que venga a quedar como parece entre los ángulos (**cruz**) **d e h** y por la testa que mirare al arco **C** quedará como parece entre los ángulos

³⁷⁰ V. p. 179.

³⁷¹ Juan GARCÍA BERRUGUILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, pp. 103-104.

a b c i y si quisieres robar la segunda pieza F la labrarás primero de cuadrado con la forma que parece entre los ángulos (cruz) h b l m n que tenga de largo el grueso de la planta y después de labrada de cuadrado como tengo dicho la robarás por la testa que mirare al arco A que venga a quedar como parece entre los ángulos (cruz) h n o y por la testa que mirare al arco C quedará como parece entre los ángulos a b l m y de unos robos a otros las labrarás plantando la regla de cuadrado que vayan capialzando hacia el arco C y de esta manera se han de robar todas las demás piezas del dicho arco

Aquí encontramos planteado por primera vez con claridad en la literatura canteril europea el problema que después sería conocido como *Capialzado de Marsella* [139, 140].³⁷² El arco *capialzado* propiamente dicho era el que tenía por directrices un arco de medio punto y un arco escarzano que, vistos en alzado, se encontraban en el plano de impostas; en el *Arco capialzado hacia la menor subida* las directrices son también un arco de medio punto y otro escarzano, pero vistos en alzado no se encuentran en las impostas sino en la clave. Esto da lugar a algunos rasgos curiosos: las impostas del arco escarzano se encuentran por encima de los del arco de medio punto, lo que da como resultado unas jambas inclinadas, que aparecen por primera vez en el manuscrito de Aranda y sólo admiten la comparación con los capialzados que veremos más adelante o las «Decendas de cava» de Vandelvira, que Martínez de Aranda no recoge en la parte de su obra que nos ha llegado.

Pero además de inclinadas las jambas son de ancho variable, pues el grosor de la rosca del arco escarzano en la clave ha de ser la misma que el de la rosca del arco de medio punto, para que también se encuentren los dos arcos en los trasdoses; pero entonces el grosor de la rosca del arco escarzano, tomada en su imposta, no en un diámetro, y en horizontal, es mucho mayor que la rosca del arco de medio punto en su imposta, que sí es un diámetro. Es de reseñar que Aranda no percibe esto con total claridad, pues representa el ensanchamiento en alzado pero no en planta.

No estamos, ni mucho menos, ante la solución clásica del problema, la que aparece en nuestros manuales de geometría descriptiva. En la *traza* de Aranda, el encuentro entre la jamba y la superficie del capialzado es una recta, lo que da lugar a una curvatura muy forzada en el intradós del

³⁷² V. Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 120.

Figura 139. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 81.

Figura 140. Jean-Baptiste de la Rue, Traité de la coupe des pierres.

Arco capialzado hacia la menor subida por robos

salmer; la unión se dulcifica en los tratados de Derand, De la Rue y Frézier, convertida en curva; sólo en el siglo XIX se resuelve el problema de encontrar una superficie que prolongue el intradós más allá de la última generatriz correspondiente al arco escarzano.³⁷³

La construcción y la labra responden al método *por robos*, empleando una envolvente mixtilínea pero no *saltrarreglas*. Se da comienzo trazando los arcos de medio punto, A y escarzano, E, en un mismo alzado; después se reparte el dovelaje en el arco A mediante un haz de planos de canto que pasan por su eje y lo dividen en partes iguales; después este reparto se traslada al arco C por rectas que aparecen en el dibujo como verticales, y que son en realidad líneas oblicuas paralelas a un plano vertical perpendicular a las testas.

Hecho esto podemos comenzar la labra; para cada dovela desbastaremos un sólido capaz cuya profundidad será la del arco y suficientemente grande como para alojar la envolvente de las dos caras de testa de la dovela; en el caso de la primera dovela, las caras de testa serán **d e (cruz) h** y **a b c i** y el sólido capaz habrá de circunscribir la envolvente **b a (cruz) e d c**. Una vez desbastado éste, se marcan sobre una testa la *planta* **d e (cruz) h** y sobre la otra **a b c i** y se van robando cuatro cuñas, la del intradós **a i e (cruz)**, la del trasdós **b h d c** y las de las caras de lecho **a b h (cruz)** y **i c e d**, que en esta primera dovela nos da la jamba.

Es interesante la precisión de Aranda sobre la forma de efectuar esta última fase de la labra: *de unos robos a otros las labraras plantando la regla de cuadrado que vayan capialzando hacia el arco C*. Es decir, se ha de utilizar una regla para ir comprobando que la superficie de intradós está formada por generatrices rectas como en otros casos, pero teniendo especial cuidado en que esta regla vaya subiendo hacia C pero se mantenga paralela a las caras laterales de la dovela, asegurando así que las generatrices son paralelas a un plano vertical perpendicular a las testas.

³⁷³ P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 134-136; Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, p. 28; Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. II, pp. 281, 440-442; Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, pp. 510-519; Enrique RABASA DÍAZ, «Arcos esviados y puentes oblicuos. El pretexto de la estereotomía en el siglo XIX», *OP*, 1996, p. 32.

Arco capialzado hacia la menor subida por plantas

Para trazar este dicho arco capialzado hacia la menor subida por plantas le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve de testa para el lado de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** en segmento menor de círculo que sirve de testa para el lado de la planta **D** y a estos dichos arcos les formarás los bolsores de suerte que vengan a tener todos unos despojos como parece en la traza y al arco **C** tirarás las juntas de los bolsores desde el punto **D** la circunferencia **E** es figura del arco escarzano **C** sirve para tomar los capialzos que causaren las juntas entre los arcos **A** **C** y para sacar las plantas por lechos las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **F** tomarás lo que capialza su junta desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño lo echarás desde el punto **c** al punto **d** y a este dicho punto **d** tirarás la cara de la dicha planta por lecho **F** desde el punto **e** y tomarás el largo de esta línea **F** y la echarás de cuadrado desde el punto **f** al punto **g** en el plomo que bajo del tardos de su junta y desde este dicho punto **g** sacarás a nivel la línea en blanco **h** galgada con el lado de la planta **B** y después tomarás el largo de su junta desde el punto **b** al punto **i** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **e** y con la otra tocarás en la línea en blanco **h** en el punto **l** y a este dicho punto **l** tirarás la testa desde el punto **e** y para sacar la testa contraria tomarás el largo de la línea **F** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **l** y con la otra circundarás un pedazo de círculo en blanco **m** y después tomarás el largo de su junta en el arco **C** desde el punto **n** al punto **o** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **d** y con la otra tocarás en el pedazo de círculo **m** en el punto **p** y a este dicho punto **p** tirarás la testa contraria desde el punto **d** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo y las plantas por caras se han de sacar de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **G** tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **H** y este tamaño echarás en el plomo de la junta más alta desde el punto **un 1** al punto **2** y en el plomo de la junta más baja desde el punto **3** al punto **4** después tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **F** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **1** y con la otra circundarás un pedazo de círculo en blanco **5** por el

Figura 141. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 83.

Arco capialzado hacia la menor subida por plantas

Plantas por lecho

punto 4 y tomarás el ancho de su bolsor en el arco C desde el punto 6 al punto 7 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 2 y con la otra tocarás en el pedazo de círculo 5 en el punto 8 y a este dicho punto 8 tirarás la testa pequeña desde el punto 2 y para sacar la testa contraria tomarás el ancho de su bolsor en el arco A desde el punto 9 al punto 10 con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 1 y con la otra circundarás el pedazo de círculo en blanco 11 después tomarás el largo de la cara de la planta por lecho F y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 8 y con la otra tocarás en el pedazo de círculo 11 en el punto 12 y a este dicho punto 12 tirarás la testa grande desde el punto 1 y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por cara como parece entre los ángulos 1 2 8 12 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo.

Aquí Martínez de Aranda se plantea resolver el mismo problema de la traza anterior no *por robos*, esto es, mediante proyecciones ortogonales, sino *por plantas*, es decir, con el auxilio de abatimientos [141]. Recordemos que se trataba de abrir en un muro de paramentos planos y paralelos un hueco que tiene por directrices un arco de medio punto y otro escarzano dispuestos de tal forma que vistos en alzado se encuentran en la clave. Dado que el arco escarzano arranca desde una cota superior al de medio punto, las jambas son inclinadas como en los capialzados y las «decendas de cava» de Vandelvira; además son de ancho variable, pues el grosor de la rosca del arco escarzano tomada en un diámetro, es la misma que el de la rosca del arco de medio punto, condición necesaria para que se encuentren los dos arcos en los trasdoses; pero entonces el grosor de la rosca del arco escarzano tomada en su imposta y en horizontal es mucho mayor que la rosca del arco de medio punto en su imposta, que sí es un diámetro.

La construcción da comienzo trazando los arcos de medio punto, A y escarzano, C, cada uno a su lado de la planta, pero el intradós de C se reproduce sobre A para facilitar las operaciones; después se reparte el dovelaje en el arco A en partes iguales; este reparto se lleva al intradós de C y desde allí se trazan las juntas de testa o *tiranteces* desde el punto central de la testa D situado en la intersección del eje del arco con la línea de impostas.

A continuación se aborda el trazado de las *plantas por lecho*, abatiendo sobre la recta de punta que pasa por el vértice inferior de la dovela. El problema es que la cara de lecho, aunque es plana, no está contenida en un plano de canto como en el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por plantas*. Por tanto, cuando la junta de intradós llegue a un plano horizontal, las juntas de testa habrán llegado más abajo. Aranda intenta resolver este problema mediante una composición de abatimientos. En el primero, el vértice inferior de la dovela, **b**, correspondiente al arco de medio punto, no se moverá por estar en la charnela; en cambio, el punto **a** del arco escarzano se desplazará a lo largo de la testa **D**, y podremos situarlo tomando la distancia **a b** del alzado y llevándola desde **c**, proyección horizontal de **a**, hasta su punto abatido **d**.

Si el primer abatimiento es correcto, el segundo es un tanto confuso. Se podría abatir alrededor de **e d**, que ya está en un plano horizontal, para llevar a este plano los otros dos vértices de la dovela, pero Aranda parece abatir alrededor de la recta que contiene el segmento **d c**: traza la recta **h** paralela a **d c** y distante de ésta una longitud igual a **d e**, y sitúa sobre ella **l** a una distancia de **e** que toma del alzado, pues es igual a **i b**; pero la construcción no es fácil de entender porque si se ha abatido con charnela en **d c**, entonces **e** debe haber abandonado el plano horizontal. A partir de ahí, el cuarto vértice se obtiene simplemente trazando un arco **m** con centro en **l** y radio igual a la longitud de la junta de intradós, que será igual a la de trasdós; y otro con centro en **d** y radio igual a la longitud de la *tirantez*, que se toma de **C** como igual a **n o**; donde se encuentren estará el cuarto vértice **p**.

Queda por construir una *planta por lecho* muy especial, la correspondiente al sobrelecho del salmer, esto es, la imposta. Hasta ahora Aranda no la ha construido prácticamente en ningún momento,³⁷⁴ pues en los arcos estudiados hasta este momento la imposta era horizontal y venía dada por la planta. Pero aquí no es tan sencilla de trazar porque los arranques de los arcos que forman las dos testas están a alturas diferentes y la imposta está contenida en un plano inclinado. Aranda la obtiene abatiendo alrededor de **C**; la construcción no se refleja en el texto pero puede seguirse sin ambigüedad en el dibujo. En primer lugar hay que obtener la longitud de la junta de intradós, esto es, la imposta propiamente

³⁷⁴ La excepción son los arcos con simetría radial como el *Arco abocinado* y el *Arco en vuelta de horno por cara*, donde se trazaba la imposta que servía como *planta por lecho*, dada la simetría radial. Pero en esos casos la imposta era horizontal, y para obtenerla bastaba con trazar la junta de trasdós. V. pp. 109 y 174.

Arco capialzado hacia la menor subida por plantas

Plantas por cara

Figura 142. François Derand, L'architecture des voutes.

Figura 143. Amedée-Louis Frézier, Traité de stéréotomie, t. II, lám.51.

dicha, cosa que se hace con facilidad tomando el desnivel entre los arranques de una testa y otra y llevando esta longitud a **D** a partir del punto **f** con lo que podemos trazar la imposta en verdadera magnitud. A continuación abatiremos con charnela en **B**; los dos vértices de la cara de sobrelecho que están en **B** no se desplazarán en el abatimiento, pero sí lo harán los correspondientes a **D**; el extremo superior de la junta de intradós se desplazará en un plano perpendicular a la charnela, el que tiene por traza la recta **g f**, y podemos situarlo sin más que tomar la longitud de la imposta a a partir de **B**. El lado de la cara de sobrelecho correspondiente a **D** es paralelo a la charnela, y por tanto lo será también su abatimiento; trazando una paralela a **B** que pase por el tercer vértice y bajando un plomo desde el extremo del trasdós de **C** podemos situar el cuarto vértice de la cara de sobrelecho y cerrar así esta singular *planta por lecho*.

También se utiliza una composición de abatimientos una tanto confusa para hallar las *plantas por cara*. En primer lugar se abate con charnela en **B**, con lo que el punto **6** se sitúa sobre **9 6** y el **7** sobre **10 7**, lo que se hace tomando las longitudes de las juntas de intradós de las *plantas por lecho* **H** y **F** respectivamente, con lo que obtenemos los puntos **2** y **4**. Hay que señalar que lo que se ha hecho en realidad no es abatir la *planta por cara*, sino abatir cada junta de intradós por separado, como se hacía en el salmer del *Arco por esquina y por rincón abocinado*.³⁷⁵ A pesar de eso, Aranda cree tener la diagonal **9 7** construida en verdadera magnitud, y piensa que la imagen definitiva de **7** está a la misma distancia de **1** que **4**, por lo que traza un arco con centro en **1** y radio **1 4**; sobre este arco estará el punto **8**, imagen de **7**, y a una distancia de **2** igual a **6 7**; el cuarto vértice lo sitúa, como tantas veces, trazando un arco de círculo con centro en **1** y radio **9 10**, y otro con centro en **8** y radio igual a la junta de intradós **F**; en la intersección de ambas estará el cuarto vértice buscado. Al abatir por separado las dos juntas de intradós, la plantilla representa correctamente los cuatro lados de la cara, pero nada más; su utilidad se reduce a la comprobación de estas longitudes, pero no puede ser empleada en una verdadera labra *por plantas al justo*.

Arco de rincón de caustria

Para trazar este dicho arco en rincón de caustria le formarás el arco **A** en semicírculo que es imaginación de la vuelta de la bóveda y asimismo

³⁷⁵ V. p. 198.

formarás el arco extendido **B** que es la forma que han de tener las testas por los lados de la planta **C** y este dicho arco se ha de formar con el alto que tuvieren los plomos en el arco **A** como se hizo en la primera difinition de esta primera parte figura **C** y a este dicho arco **B** le entrarás los bolsores en cuadrado para haberlos de robar y los plomos que bajaren de los dichos cuadrados los pasarás por la planta en ángulo recto con que quedarán sacadas las plantas por caras para plantarlas de cuadrado supongo que quieres labrar la pieza segunda de hacia el rincón **E** tomarás en la planta del dicho arco su planta por cara que está entre los cuatro ángulos **a b c d** y con esta dicha planta labrarás de cuadrado la dicha pieza que tenga de alto lo que tuviere de alto el cuadrado de su bolsor desde el punto **e** al punto **f** y después de labrada de cuadrado con forma arriba dicha la robarás por entrambas testas con los robos que tuviere el cuadrado **E** que venga a quedar la dicha pieza por entrambas testas como parece el bolsor entre los ángulos **g h i l** y por la cara quedará labrada en rincón y si fuera del lado contrario quedará labrada la dicha cara en arista y de esta manera se han de ir labrando todas las demás piezas de este arco eceto la clave que ha de ir labrada de forma que la mitad quede por la cara en arista y la otra mitad en rincón que por enmedio venga a estar en cuadrado

Este arco se relaciona con el «Rincón de Claustro» de Vandelvira [145], que es una de las pocas construcciones que el maestro de Sabiote aborda sólo «por robos».³⁷⁶ En Vandelvira la figura no lleva nombre de arco, ni lo es estrictamente; se trata de la serie de dovelas que materializan el encuentro ortogonal entre dos bóvedas de cañón. Con buen sentido constructivo, las dovelas se disponen de forma que enjarjen con las bóvedas y trabajen solidariamente con ellas.

En cambio en Martínez de Aranda estamos ante un verdadero arco completamente diferenciado de la bóveda [144]. Caben dos interpretaciones: en la más literal, la serie de dovelas se separa de las bóvedas por una junta plana corrida en toda la luz de la bóveda, con lo que

³⁷⁶ Alonso de VANDELVIRA, Alonso de, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 24 r.; Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 127 r., cita de pasada el «arc de cloistre» al tratar las escaleras de planta cuadrada cubiertas con cuatro bóvedas, pero no lo describe porque «se font tout ainsi que la porte qui est sur le coing». V. Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 111, y José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 64-65.

Figura 144. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 86.

Arco de rincón de caustria

la serie de dovelas cobra independencia a costa de perder su funcionalidad constructiva, pues es evidente que las juntas corridas impiden que trabaje solidariamente con ninguna de las dos bóvedas, que así tendrán libertad para moverse independientemente; por tanto estaríamos ante una solución constructiva muy torpe.

En la segunda interpretación estaríamos ante un arco fajón que refuerza el encuentro de las bóvedas y lo resuelve actuando de tapajuntas, dos de las funciones que la teoría de los dos últimos siglos ha atribuido a los arcos ojivos. Esta posibilidad parece más convincente, porque la otra es impropia de un constructor como Aranda que percibe con claridad el peligro de la formación de *garrotes* en los puntos en que los empujes quedan sin compensar en piezas como el *Arco viaje contra viaje por testa* o el *Arco por esquina y rincón*.³⁷⁷

En cualquier caso, tanto la solución de Aranda como la de Vandelvira son recursos para la unión de dos bóvedas y no bóvedas en sí; corresponden al sentido original del «arc-de-cloître» francés y no se deben confundir con el sentido posterior, de bóveda rectangular cubierta por dos cilindros que se intersectan de modo que las generatrices lleguen a los bordes, que aparece en Derand.³⁷⁸

Para trazar el arco, Aranda comienza construyendo la sección recta **A** de una bóveda y basándose en ella, la sección por el plano de encuentro de las bóvedas o, si se quiere, el bisector de los ejes de ambas bóvedas; sección que se forma por el procedimiento de las *difinitiones* primera y tercera de esta primera parte,³⁷⁹ llevando verticales desde **A** hasta la línea **C** de impostas de la sección **B**, trazando perpendiculares a **C** por los puntos de intersección y levantando sobre éstas las cotas de los sucesivos extremos de las juntas entre dovelas, tomados de **A**. Aunque no se diga en el texto ni figure en el dibujo, parece claro que el trasdós se construye de la misma manera a la luz de otras trazas como por ejemplo el *Arco disminuido por testa*.³⁸⁰

Obtenido este arco **B**, Aranda se dispone a abordar la labra *por robos* de estas dovelas. Como sucedía en otras ocasiones, es notable la habilidad de

³⁷⁷ V. pp. 48 y 185.

³⁷⁸ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 112. V. también Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, pg. 48.

³⁷⁹ Aranda habla de la *Difinition* primera, que trata de *bajar arcos grandes con pequeños y subir pequeños con grandes*, pero el procedimiento se relaciona con más claridad con la tercera, *extender y encoxer arcos sobre un viaje*; v. pp. 17 y 22.

³⁸⁰ V. p. 45.

Aranda para simplificar la construcción aprovechando las ventajas de un sistema de representación que entremezcla planta y alzado.

Obtiene en primer lugar la proyección en planta de las dovelas bajando verticales desde **A**; por cada dovela bajará las cuatro verticales correspondientes a las dos pares de juntas de intradós y trasdós. Como la figura es simétrica respecto al plano de encuentro de las bóvedas, que forma un ángulo de cuarenta y cinco grados con estas líneas, al otro lado tendrá líneas simétricas que serán ortogonales a las anteriores: *los plomos que bajaren de los dichos cuadrados los pasarás por la planta en angulo reto con que quedarán sacadas las plantas por caras para plantarlas de cuadrado*. El segundo paso será obtener las proyecciones verticales de las envolventes de las dovelas sobre un plano paralelo al de encuentro de bóvedas; esto es bien sencillo, pues no hay más que acudir al arco **B** y construir el rectángulo que circunscribe cada dovela.

Es interesante comparar esta solución con la de Vandelvira; como decíamos, éste no dispone el encuentro de las dovelas a cuarenta y cinco grados de los ejes de las bóvedas para ofrecerles una junta lisa sino en planos perpendiculares y paralelos a los ejes de las bóvedas para enjarjar con ellas. Como consecuencia, no traza la envolvente de la dovela en el arco de encuentro de las bóvedas, el equivalente al **A** de Aranda, que ni siquiera construye, sino en la sección recta de las bóvedas, el correspondiente al **B** de Aranda.

Al contrario de lo que sucede en la gran mayoría de las *trazas* del manuscrito de Aranda, se describe con claridad la labra de la pieza:

supongo que quieres labrar la pieza segunda de hacia el rincón E tomaras en la planta del dicho arco su planta por cara que está entre los cuatro ángulos a b c d y con esta dicha planta labrarás de cuadrado la dicha pieza que tenga de alto lo que tuviere de alto el cuadrado de su bolsor desde el punto e al punto f y despues de labrada de cuadrado con forma arriba dicha la robaras por entramas testas con los robos que tuviere el cuadrado E que venga a quedar la dicha pieza por entramas testas como parece el bolsor entre los ángulos g h i l y por la cara quedara labrada en rincón y si fuera del lado contrario quedara labrada la dicha cara en arista y de esta manera se han de ir labrando todas las demas piezas deste arco eceto la clave que ha de ir labrada de forma que la mitad que dé por la cara en arista y la otra mitad en rincón que por enmedio venga a estar en cuadrado.

Es decir, se comienza desbastando un prisma definido por la forma en planta de la pieza, una «V», y que tiene de altura la altura total de la pieza, e f. A continuación se han de quitar cuatro cuñas que nos definirán las dos caras de lecho, el intradós y el trasdós. Pero el problema es complejo porque por la peculiar forma de la dovela tenemos **dos** cilindros de trasdós, **dos** caras de lecho, etcétera. Para resolverlo se marcará en cada una de las dos testas la forma de la dovela en alzado g h i l. Para quitar una cuña, por

Figura 145. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 25.

Figura 146. Amedée-Louis Frézier, *Traité de stéréotomie*, t. III, lám. 70.

ejemplo la situada debajo de **g h**, y materializar así la cara de lecho inferior, se irá quitando material partiendo de una testa apoyando una escuadra en **g h**; cuando se llega al final, se pasa a la otra testa y se repite la operación, apoyando la escuadra sobre la tirada **g h** marcada en la otra testa. Lo mismo haremos en la cara de lecho superior. También en el trasdós *robarás por entramas testas*, aunque con toda seguridad un cantero del siglo XVI se contentaría con desbastarlo; y aplicaría el mismo sistema en el intradós, pero aquí labraría con toda precisión, quizá con ayuda de una *cercha*.³⁸¹ Aranda nos aclara que en las dovelas de un extremo del arco las dos superficies del intradós se unen en ángulo entrante o *rincón* mientras las del otro extremo se unen en ángulo saliente o *esquina* y finalmente la clave tiene una mitad en *esquina* y otra en *rincón*.

Estas explicaciones desacostumbradas pueden obedecer al hecho de que es la primera vez en la que a lo largo de su manuscrito Martínez de Aranda nos ofrece una construcción basada en el método *por robos* propiamente dicho, es decir, el que parte de un prisma rectangular.³⁸² Este procedimiento de labra es básicamente el mismo que el que emplea Vandelvira en el correlato de este arco, el «Rincón de claustro» o en el «Arco torre cavado y redondo por robos»³⁸³ o el que aparece en el *Arco viaje contra cuadrado por testa* en versión de Hernán Ruiz.³⁸⁴

Sin embargo, en la solución de Aranda aparece una pequeña diferencia: la envolvente en planta no es un rectángulo, sino que se adapta a la especial forma de la dovela: *tomarás en la planta del dicho arco su planta por cara que está entre los cuatro ángulos a b c d*; también es de resaltar que se rompe la práctica generalizada en el método *por robos* de labrar en primer lugar las testas, reflejada también en el «Arco torre cavado y redondo por robos» de Vandelvira.³⁸⁵ Estas pequeñas diferencias reflejan un primer intento de evolucionar desde la concepción rígida de la labra *por robos* hacia soluciones más flexibles, como la que hemos visto en el *Arco capialzado por robos*.³⁸⁶

³⁸¹ V. p. 209, y Benito BAILS, *Elementos de Matemática*, Tomo IX, parte 1, pp. 420-23 y 429 y fig. 230 y 231.

³⁸² V. p. 219 y ss. del Tomo I.

³⁸³ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 25 r. para el «Rincon de claustro», y 24 v. para el «Arco torre cavado y redondo por robos» (en ambos casos según la numeración original del manuscrito de la Escuela de Arquitectura, ofrecida por Barbé entre paréntesis redondos).

³⁸⁴ Hernán RUIZ, *Libro de Arquitectura*, f. 47 v.

³⁸⁵ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 24 v., según la numeración original del manuscrito de la Escuela de Arquitectura, ofrecida por Barbé entre paréntesis redondos, y p. 219 y ss. del Tomo I de este trabajo.

³⁸⁶ V. p. 125.

Arco en rincón de caustria en bóvedas desiguales

Para trazar este dicho arco en rincón de caustria en bóvedas desiguales le formarás el arco **A** en semicírculo que es la vuelta que ha de tener la bóveda más grande y asimismo formarás el arco extendido **B** con el alto que tuvieren los plomos en el arco **A** este servirá para la testa del lado de la planta **C** y el arco **D** servirá para la testa del lado de la planta **E** este dicho arco se ha de formar echando unas líneas en blanco a nivel con las alturas que tuvieren los plomos en el arco **A** y por estas dichas líneas en blanco buscarás el ancho de los bolsores en partes iguales como se hizo en la definition tercera de esta primera parte figura (**cruz**) y a estos dichos arcos **B D** les entrarás los bolsores en cuadrado para haberlos de robar y les bajarás los plomos que toquen en los lados de la planta y los pasarás por la dicha planta con la desigualdad que pidiere como parece en la traza y de esta manera quedarán sacadas las plantas por caras para plantarlas de cuadrado y para labrar las piezas de este dicho arco las labrarás primero de cuadrado con la forma que tuvieren sus plantas por caras dándoles el altura que tuvieren los cuadrados de sus bolsores y después las robarás conforme se hizo en el arco en rincón de caustria cuadrado a 85 planas de este libro

Se trata de una variante del *Arco de rincón de caustria*³⁸⁷ con la particularidad de que en este caso las dos bóvedas de cañón cuyo encuentro se intenta resolver tienen luces diferentes [147]; pretende dar respuesta al mismo problema que el «Rincón de claustro desigual» de Vandelvira [148]. Pero en éste, como también sucedía en el «Rincón de claustro» del mismo maestro,³⁸⁸ no se trata de un arco estrictamente, sino de una serie de dovelas que materializan el encuentro entre las bóvedas de cañón; las dovelas se disponen de forma que no presentan una junta lisa sino planos en dos direcciones que enjarjan con las bóvedas permitiendo que éstas trabajen de forma solidaria. Por el contrario en Martínez de Aranda la serie de dovelas se ha convertido en un arco propiamente dicho que se puede interpretar de dos maneras: o bien se trata de un sector de bóveda que ofrece una junta lisa en toda la luz, con lo que se independiza perdiendo sentido

³⁸⁷ V. p. 209.

Figura 147. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 88.

Arco de rincón de caustria en bóvedas desiguales

constructivo, o lo que es más probable, se trata de un arco que refuerza el encuentro entre bóvedas por su cara inferior.

Para trazar el arco, Aranda comienza construyendo la sección recta **A** de la bóveda más ancha y, basándose en ella, la sección por el plano de encuentro de las bóvedas, llevando verticales desde **A** hasta la línea **C** de impostas de la sección **B**, trazando perpendiculares a **C** y levantando sobre ellas las cotas de extremos de las juntas de testa, que tomaremos de **A**. Al ser de anchos desiguales las dos bóvedas, no bastará con esta sección **B**, sino que será necesario contar con la otra sección **D** por el encuentro con la otra bóveda.

Aquí nos encontramos con un detalle que llama la atención: *este dicho arco se ha de formar echando unas líneas en blanco a nivel con las alturas que tuvieren los plomos en el arco A*. Es decir, que las juntas entre dovelas del arco **D** tienen las mismas alturas que en **A** y por tanto que en **B**; por tanto las dos bóvedas, aunque de luces diferentes, tienen las mismas flechas, y hemos de concluir que si la bóveda más ancha es de cañón, la más estrecha tiene por sección recta una semiellipse peraltada. No parece que esto se deba a un error de copia pues la igualdad de las flechas de **B** y **D** se puede contrastar en el dibujo. Así, tenemos las alturas de los puntos que nos definen la sección; podríamos obtener sus posiciones en horizontal mediante una transformación geométrica, teniendo en cuenta que las líneas que unen estos puntos con sus homólogos en el plano de encuentro entre bóvedas convergen en un punto, pero Aranda utiliza el procedimiento descrito al final de la *difinition tercera* de esta primera parte.³⁸⁹

Éste se basa en trazar horizontales separadas de **E** una distancia igual a las alturas de las juntas de testa de **A**, o si se prefiere de **B**; trazaremos un arco de círculo con centro en una imposta de **E** y radio igual a la cuerda de las dovelas de la bóveda de menor luz; donde este arco intersecte a la primera de las horizontales tendremos un extremo de las juntas entre dovelas de **D**. Repetiremos la construcción a partir de este punto, trazando otro arco con centro en él y el mismo radio; donde intersecte a la segunda horizontal tendremos otro punto de **D**; y así sucesivamente hasta acercarnos a la clave; a continuación construiremos el otro semiarco partiendo de la otra imposta. La construcción es inexacta, pues no es cierto

³⁸⁸ V. Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 25 r. para el «Rincon de claustro» igual y f. 25 v. para el «Rincon de Claustro desigual» (en ambos casos según la numeración original del manuscrito de la Escuela de Arquitectura, ofrecida por Barbé entre paréntesis redondos).

³⁸⁹ V. p. 22.

que las cuerdas de las dovelas sean iguales; de ahí los titubeos a la hora de trazar las líneas que unen el plano de encuentro entre bóvedas y la sección E, que saltan a la vista en el dibujo.

De aquí en adelante el proceso de trazado es análogo al del *Arco en rincón de caustria*. A continuación *bajarás los plomos que toquen en los lados de la planta y los pasarás por la dicha planta con la desigualdad que pidiere como parece en la traza*, con lo que tendremos la proyección de las dovelas en un plano horizontal. En esta ocasión no nos basta como en la anterior con una *planta* para el plano de contacto con las bóvedas, por la asimetría de la figura, y tendremos que trazar las dos; pero se obtienen con facilidad en los arcos **B** y **D** trazando el rectángulo que circunscribe cada dovela.

La labra se describe esquemáticamente, pues el proceso es similar al del *Arco en rincón de caustria*. Se ha de desbastar un prisma que tenga por base la envolvente de la proyección en planta y por altura la de las proyecciones verticales; después se ha de *robar* la pieza por arriba y por abajo hasta darle la forma de las proyecciones verticales y por último se da forma a la esquina y el rincón de los lechos con ayuda de la proyección en planta.

Como en el caso anterior, es reveladora la comparación con el trazado de Vandelvira; también aquí a Vandelvira lo que le interesa es enjarjar con las bóvedas y las uniones se efectúan no en un plano único como Aranda, sino en una serie de planos paralelos y perpendiculares a los ejes de las bóvedas. Por ello, traza las proyecciones verticales no sobre los planos de contacto con las bóvedas, sino sobre las secciones rectas de éstas. Como consecuencia, construye **dos** secciones rectas y **una** sección en el plano de encuentro entre bóvedas, que si traza aquí es porque no es circular, al contrario de lo que ocurría en su «Rincón de claustro» igual. Martínez de Aranda, en cambio, levanta **una** sola sección recta, la de la bóveda más ancha y **dos** secciones por los planos de encuentro de su arco con las bóvedas.

Por otra parte, en Vandelvira las bóvedas entestan directamente y al ser de anchos diferentes el plano de encuentro no forma un ángulo de cuarenta y cinco grados con los ejes de las bóvedas. Tanto en Vandelvira como en Aranda las dos bóvedas son de luces diferentes pero han de ser de flechas iguales porque de lo contrario no habría acuerdo en la bóveda; por tanto, una de ellas no puede ser de sección recta circular. Vandelvira resuelve el problema construyendo la bóveda más ancha con sección elíptica rebajada, mientras que Aranda hace elíptica peraltada la bóveda más estrecha.

Figura 148. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 25 v.

Figura 149. Amedée-Louis Frézier, *Traité de stéréotomie*, t. II, lám.19.

De nuevo nos encontramos en los *Cerramientos* con un reflejo probable de la experiencia gaditana de Aranda, ya que en la iglesia de Santa Cruz aparecen como dijimos unos singulares arcos elípticos peraltados en las naves laterales.³⁹⁰ Como en otras cosas, la solución se anticipa curiosamente a Frézier [149], que también resuelve el problema con una bóveda elíptica peraltada; pero hay que pensar en un redescubrimiento y no en una influencia, ya que Frézier no debió de conocer el texto de Aranda.

Arco de rincón de caustria por plantas

Para trazar este dicho arco en rincón de claustria por plantas al justo le formarás el arco **A** en semicírculo este servirá para las testas de los lados de la planta **B** asimismo formarás el arco **C** en semicírculo que es la circunferencia que ha de tener la arista y rincón que procediere de la línea diagonal **D** y a estos dichos arcos les tirarás las tiranteces a los bolsores desde el punto **B** como parece en la traza y para sacar las plantas por lechos las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **E** tomarás en su junta el desvío que hubiere entre los arcos **A C** desde el punto 1 al punto 2 y este desvío echarás en los lados de la planta **B** desde los puntos 3 a los puntos 4 y a estos dichos puntos 4 tirarás los lados de la cara de la dicha planta por lecho desde el punto 5 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lecho que sirven para este lado que hace arista y para sacar las plantas por lecho del lado contrario que hace rincón las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **F** tomarás en su junta el desvío que hubiere desde el punto 6 al punto 7 y este tamaño echarás en la línea **D** desde el punto 8 al punto 9 y desde este dicho punto 9 tirarás los lados de la cara de la dicha planta por lecho a los puntos 10 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lecho que sirven para el lado del rincón y para labrar este dicho arco le labrarás las piezas con las tiranteces que parecen en los bolsores entre los arcos **A C** plantándole a cada junta la planta por lecho que le conviniere de suerte que cuando venga el dicho arco por la mitad de la clave por el punto 11 ha estar de cuadrado que se habrá perdido el arista y rincón de los lados

³⁹⁰ V. p. 209.

Aunque el nombre de esta *traza* puede dar a entender que se trata del mismo *Arco de rincón de caustria*³⁹¹ que vimos hace unas páginas y que sólo varía el método de labra, lo cierto es que entre uno y otro hay cambios más substanciales. En el *Arco de rincón de caustria* el arco aún debía de adaptarse de alguna manera a dos bóvedas de cañón; como las bóvedas de cañón eran de sección recta circular, la directriz del arco era una semielipse rebajada. En cambio en éste ha desaparecido toda referencia a las bóvedas de cañón y la directriz del arco es semicircular [150]; podemos decir que de su origen como solución del encuentro de dos bóvedas en el ángulo de un claustro sólo queda el nombre.

Se trata más bien de una variante del *Arco por arista en la cara*;³⁹² allí la superficie de intradós tenía tres directrices, de las cuales dos eran semicírculos iguales, como en un arco de medio punto, y la tercera era un segmento de círculo de radio algo mayor que las anteriores, situado en el plano medio entre las testas y que visto en alzado se cruzaba con las otras dos directrices en las impostas, dando lugar a dos conoides como superficies de intradós. Aquí la tercera directriz es un semicírculo desplazado respecto a las otras dos directrices y del mismo radio, que visto en alzado se cruza con ellas en las cercanías de las claves, de forma parecida a lo que sucedía en el *Arco viaje contra viaje por cara por plantas y por robos*;³⁹³ las superficies de intradós son dos cilindros cuya sección oblicua es un semicírculo, y por lo tanto su sección recta será una semielipse peraltada.

Como se irá viendo en las *trazas* sucesivas, la tercera directriz admite juegos casi *en infinito*: radio mayor y cruzándose con las otras dos a la altura de la clave, *Arco diagonal por rincón*, igual o desigual; arco apuntado que alcanza a las otras dos en la clave, *Arco diagonal por esquina*, igual o desigual; radio menor o mayor y cruzándose sólo en una imposta, *Arco por esquina* (o *por rincón*) *contra cuadrado por lado*; y estas dos últimas acopladas a un *Arco viaje contra cuadrado por lado y por plantas al justo*.³⁹⁴

Centrándonos en el *Arco de rincón de caustria por plantas*, se da comienzo trazando las dos directrices de las testas, A, con su trasdós, y la directriz intermedia, C, de la que sólo se dibuja el trasdós en el semiarco del *rincón*, es decir, el del ángulo entrante en planta. Esto tiene una justificación práctica bien clara: el trasdós en el lado *en esquina* puede ser

³⁹¹ V. p. 209.

³⁹² V. p. 135.

³⁹³ V. p. 67.

³⁹⁴ V. pp. 223-240, y para el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por plantas al justo*, p. 60.

Figura 150. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 90.

Arco de rincón de caustia por plantas

simplemente el de A, y simplemente estamos añadiendo material a la dovela que queda oculto en el muro, facilitando la labra tanto de las dovelas como de los sillares del muro. En cambio, en el otro extremo el trasdós de A se cruza con C, lo que equivale a que su proyección corta a la superficie de intradós, lo que dividiría la dovela en dos; por tanto en este semiarco es imprescindible utilizar el trasdós de C para labrar la dovela. La clave resultante de esta operación es insólitamente compleja, pues sólo el trasdós lo forman tres superficies; pero es suponer que no se labraría con todo rigor, máxime cuando aquí el trasdós de A no se cruza con C.

Una vez trazados A y C se reparte el dovelaje; en lugar de hacerlo con dos haces de planos de canto como en el *Arco viaje contra viaje por cara por plantas y por robos*,³⁹⁵ los planos de lecho se trazan como un único haz, cuyo eje equidista en alzado de los centros de A y C. Para dar una impresión visual de simetría se intenta que el dovelaje sea regular en C en el semiarco *en esquina* y en A en el semiarco *en rincón*. Pero esto no se hace dividiendo en cinco partes la línea mixta formada por A y C, pues daría como resultado una clave muy estrecha; lo que se divide en cinco partes es el arco apuntado formado por C en el semiarco *en esquina* y en A en el semiarco *en rincón* de tal manera que la cuerda de la clave medida entre 7 y ' mida lo mismo que la cuerda de una dovela, por ejemplo entre 1 y , división que sólo se puede realizar por tanteos. El mismo procedimiento se empleaba en la *definición quinta* de esta primera parte para dividir en tres partes el intradós del arco y calcular el grueso de los estribos, y se utiliza de la misma manera por el jesuita Derand.³⁹⁶

A continuación se aborda el trazado de las *plantas por lecho*; el nombre puede inducir a error, pues como sucedía en el *Arco por arista en la cara* su función está a medio camino entre las *saltrarreglas* del *Arco viaje contra viaje por cara por plantas y por robos*³⁹⁷ y las *plantas por lecho* de las verdaderas construcciones *por plantas al justo*. En realidad, lo que se está haciendo es construir una *saltrarregla* doble, que es el primer paso hacia las verdaderas *plantas por lecho* de cuatro lados; el procedimiento de labra es en esencia el del *Arco capialzado por robos* y la única diferencia es que en aquél la *saltrarregla* era una línea y aquí la *planta por lecho* la forman dos. Si Aranda denomina a este «corte» *por plantas* es probablemente para diferenciarlo del

³⁹⁵ V. p. 67.

³⁹⁶ V. p. 28 y ss.

³⁹⁷ V. pp. 138 para el *Arco por arista en la cara* y 67 para el *Arco viaje contra viaje por cara por plantas y por robos*.

otro *Arco en rincón de caustria*; como veíamos, allí se aplicaba el procedimiento *por robos* tradicional, el de Vandelvira y Hernán Ruiz, basado en un prisma de base rectangular, mientras que aquí se aplica el método más evolucionado basado en una envolvente más ajustada a la forma de la dovela. Los tratadistas franceses utilizan el término con mayor laxitud todavía: Mathurin Jousse llama «Biais passé par panneaux» a una traza donde únicamente hay *saltarreglas* simples en la cara de lecho y la labra se resuelve *por robos*.

Por tanto, se trata simplemente de abatir la recta 1 2 con charnela en la recta de punta que pasa por 1. Ésta no se desplazará y 2 se mantendrá sobre la recta B, que es perpendicular a la charnela; su abatimiento 4 distará de 3 una longitud 1 2. Como el arco es simétrico respecto al plano D, tomamos la misma longitud al otro lado del arco y podemos formar la *planta por lecho* o mejor, doble *saltarregla*, 4 5 4. Por si el lector tuviera dudas, Aranda repite análoga construcción al otro lado del arco; como siempre la charnela es la línea inferior, que esta vez pasa por 7, en la testa A y no en la arista C; bastará por tanto abatir 6 obteniendo su imagen 9 para formar el ángulo 10 9 10.

Obtenidas las *plantas por lecho* podemos pasar a labrar el sólido capaz de la dovela, definido por las caras de lecho, el trasdós que como en otras ocasiones preocupa poco, y C en el semiarco *en esquina* y en A en el semiarco *en rincón*. Después le aplicaremos las *plantas por lecho* para terminar la labra de la dovela. En el semiarco *en esquina* hemos de *robar* dos cuñas en el intradós para darle forma de ángulo saliente; en el otro hemos de quitar una sola cuña en el intradós, pero también hemos de desbastar, aunque sea sumariamente, el trasdós.

Arco en rincón de claustria de lados y ángulos desiguales y plantas al justo

Para trazar este dicho arco de rincón de claustria de lados y ángulos desiguales le formarás el arco A en semicírculo este sirve de testa para el lado grande de la planta B y asimismo formarás el arco C con el altura del arco A que sirve para el lado pequeño de la planta D y en los dos arcos formarás los arcos E en semicírculo que es la circunferencia que ha de tener la arista y rincón que procediere de la línea diagonal F y las plantas por lechos las sacarás conforme se hizo en el arco en rincón de claustria por plantas al justo a 89 planas de este libro y háse de advertir que los desvíos que se echaren para sacar las plantas que sirven hacia el

rincón se han de tomar en los desvíos que hubiere en el arco pequeño entre los números 1 2 3 4 y las plantas que sirven hacia el arista se ha de tomar cada desvío en el arco que le conviniere como parece entre los números 5 6 7 8 9 10 11 12 y las piezas de este dicho arco labrarás plantándoles por cada lecho su planta por lecho y a las testas que miraren al lado ancho le darás las tiranteces que tuvieren los bolsos en el arco A y las testas que miraren al lado angosto les darás la tirantez que tuvieren los bolsos en el arco C

Aranda presenta aquí una variante de la *traza* anterior, el *Arco de rincón de caustria por plantas*,³⁹⁸ con la diferencia de que aquí las dos testas son arcos de luces diferentes [151]. Por tanto, es al *Arco de rincón de caustria por plantas* lo que el *Arco en rincón de caustria en bóvedas desiguales* era al *Arco en rincón de caustria*.³⁹⁹ Pero este arco ya no es *en bóvedas desiguales* sino *de lados y ángulos desiguales*; Aranda percibe claramente cómo este arco da un paso más alejándose del «Rincón de Claustro» y se desvincula completamente de las bóvedas que dieron origen al tipo, como sucedía en el *Arco de rincón de caustria por plantas*.

La interpretación de la *traza* se ve dificultada por varios errores de dibujo. En primer lugar, el texto dice bien claro que *formarás el arco C con el altura del arco A que sirve para el lado pequeño de la planta D*. Por tanto, si D es el lado pequeño de la planta, es que C es de luz menor que el *arco A en cimicirculo*, pero como es de la misma altura sólo podemos concluir que es un arco elíptico peraltado; pero el dibujante no parece captar esto con claridad y en el dibujo aparece con una flecha intermedia entre su semiluz y la altura de A.

Así pues, siguiendo el texto y no el dibujo, tenemos tres directrices, un semicírculo en una testa, otro semicírculo en el plano medio desplazado respecto al anterior y un arco elíptico peraltado en la segunda testa que comparte eje con el semicírculo de la primera; las proyecciones en alzado de los tres semicírculos se cortan en las inmediaciones de las claves.

El trazado se inicia construyendo el semicírculo de testa y la *arista* E, que se traza en ambos lados con distinto eje pero el mismo radio que A. Como en el *Arco de rincón de caustria por plantas* sólo se dibuja el trasdós de

³⁹⁸ V. p. 217.

³⁹⁹ V. p. 214, para el *Arco en rincón de caustria en bóvedas desiguales*, y p. 209 para el *Arco en rincón de caustria*.

E en el semiarco *por rincón*, donde E sobresale por el trasdós. Es de señalar que se desliza un error importante en los dibujos, pues las proyecciones de los puntos de E a uno y otro lado de la planta no están en la misma perpendicular a F; no puede pensarse en un alzado construido por proyección oblicua como en otras trazas, porque los arranques del arco sí están en las mismas perpendiculares. Para ver esto con más claridad, se puede comparar este «corte» con el *Arco diagonal por esquina de lados desiguales*, donde se trazan perpendiculares a F que no dejan ninguna duda en este punto⁴⁰⁰. Por otra parte, C parece trazarse de modo aproximado, sin utilizar siquiera la construcción del final de la *difinition* tercera como se hacía en el *Arco de rincón de caustria en bóvedas desiguales*,⁴⁰¹ pues ni las distancias entre los puntos de C son iguales ni sus cotas son las de los puntos de A.

Aranda va a construir las *plantas por lecho* del lado *en rincón* partiendo de A y C; pero como C se traza de forma aproximada, sus puntos no están a la misma altura que los de A, ni en los mismos planos de canto, por lo que no podrían conservar su posición en un abatimiento. Aranda no parece consciente de esto, pues se limita a calcular el abatimiento de los puntos de E tomando la distancia 3 4 del alzado e ignorando que la supuesta charnela no es perpendicular a las testas, ni tampoco al plano intermedio en el que aparentemente se desplaza 4. Por el contrario, en el otro lado aplicará un método análogo partiendo de E, que en este caso es la arista más baja y precisamente por eso en este lado bajó verticales desde E; también aquí la construcción es errónea porque las dos proyecciones de cada punto de E no están sobre una misma perpendicular a F.

Como en la *traza* anterior, no se trata de una verdadera *planta por lecho*, sino de algo cuya función es similar a las *saltrarreglas* del *Arco viaje contra viaje por cara por plantas y por Robos* o del *Arco capialzado por robos*⁴⁰² con la única diferencia de que se compone de dos segmentos y no de uno; es decir, de un elemento auxiliar para labrar las dovelas por un procedimiento que todavía es básicamente *por robos* aunque ha evolucionado en dirección hacia el procedimiento directo, intentando limitar la «gran pérdida de piedras» al partir no de un prisma de base rectangular sino de una envolvente más adaptada a la forma definitiva de las dovelas.

⁴⁰⁰ V. p. 229.

⁴⁰¹ V. p. 225.

⁴⁰² V. p. 67 para el *Arco viaje contra viaje por cara por plantas y por robos* y p. 121 para el *capialzado por robos*.

Figura 151. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 91.

Figura 152. Amedée-Louis Frézier, Traité de stéréotomie, t. III, lám. 70.

Arco en rincón de clautria de lados y ángulos desiguales y plantas al justo

Para ello en el lado *en esquina* desbastaremos un bloque limitado por los planos de lecho 9 10 y 11 12, por E y por el trasdós de A; sobre los planos de lecho aplicaremos sus *plantas por lecho* y ayudándonos de los trazos resultantes, que deberían de realizarse con un trazador como sugiere De L'Orme o con almagre como aún se hace hoy, *robaremos* dos cuñas para ir materializado las superficies de intradós con ayuda de una regla; midiendo el grueso de la rosca del arco C fijaremos su trasdós e iremos desbastando hasta obtener la forma de una reglada que pasa por el trasdós de A; en general no será preciso acabar con detalle esta superficie que queda oculta dentro de la fábrica.

En el lado *en rincón* el proceso será similar, excepto que el sólido capaz estará limitado por los planos de lecho, suponemos que 1 2 y 3 4, el trasdós de E, que a este lado sí se dibuja, y C; con ayuda de las *plantas por lecho* aplicadas sobre los planos correspondientes podremos *robar* una cuña entrante en el intradós; y del mismo modo quitaremos dos cuñas para desbastar el trasdós.

Arco diagonal por rincón

Para trazar este dicho arco diagonal por rincón le formarás el arco A en semicírculo que sirve para las dos testas de los lados de la planta B y asimismo formarás el arco C en segmento menor de círculo que no suba más de lo que subiere el arco A este sirve para el rincón que procediere de la línea diagonal D y para sacar las plantas por lecho las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho E tomarás en su junta el desvío que hubiere entre los arcos A C desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño echarás en la línea D desde el punto 3 al punto 4 y desde este dicho punto 4 tirarás los lados de la cara de la dicha planta por lecho a los puntos 5 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo y labrarás las piezas de este dicho arco cortándolas por las testas con las tiranteces que tuvieren los bolsos en el arco A plantándoles por cada junta la planta por lecho que le conviniere

Nos encontramos con una nueva *traza* de la familia del *Arco por arista en la cara*;⁴⁰³ de nuevo la superficie de intradós tiene tres directrices [153], de las cuales dos son semicírculos iguales y la tercera es un segmento de círculo de radio algo mayor que las anteriores, situado en el plano medio entre las testas y que visto en alzado se cruza con las otras dos directrices en las claves, al contrario de lo que ocurría en el *Arco por arista en la cara*, donde se encontraban en las impostas .

La construcción se inicia trazando las dos directrices de las testas, A, y la directriz intermedia, C, con sus trasdoses, y repartiendo el dovelaje como un haz de planos de canto con el eje en la recta que une los centros de A y C, de forma que A quede dividido en partes iguales; como consecuencia, en el plano de C los salmeres son mayores que la clave. Esto no parece preocupar a Aranda, sin duda porque al ser C de radio mayor que A queda oculto en el *rincón*; en cambio, en el *Arco diagonal por esquina*⁴⁰⁴ será en la *arista* donde el dovelaje se reparte en partes iguales.

Con esto se puede abordar el trazado de las *plantas por lecho*, cuya función está más próxima a las *saltrarreglas* de otras *trazas* resueltas *por robos* que a las *plantas por lecho* de las verdaderas construcciones *por plantas al justo*; la diferencia con una figura como el *Arco capialzado por robos* es que en aquél la *saltrarregla* era una línea y aquí la *planta por cara* la forman dos, dando lugar en cierto modo a un embrión de *planta por lecho*.⁴⁰⁵

Abatiremos como otras veces con eje en la arista inferior de una dovela, por ejemplo en la recta de punta que pasa por 1; ésta no se moverá, y su imagen en planta vendrá dada por el segmento 5 5; la intersección de la cara de lecho con C, punto 2, se mantendrá en el plano D, que es perpendicular a la charnela, y podemos situarla tomando la distancia 1 2 del alzado y llevándola sobre D a partir de 3 para construir el punto 4, imagen abatida de 2; por tanto la llamada *planta por lecho*, es decir, el abatimiento de las dos aristas inferiores de la cara de lecho vendrá dada por 5 4 5.

El siguiente paso será desbastar el sólido capaz de la dovela, que estará limitado por A, las caras de lecho o *tiranteces* y el trasdós de C que Aranda ni se molesta en citar; a continuación le aplicaremos las *plantas por lecho* para terminar la labra, *robando* una cuña en el intradós para darle forma de

⁴⁰³ V. p. 135.

⁴⁰⁴ V. p. 209.

⁴⁰⁵ V. por ejemplo el *Arco viaje contra viaje por cara por plantas y por robos*, p. 67 y el *Arco capialzado por robos*, p. 121.

Figura 153. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 92.

Arco diagonal por rincón

ángulo entrante y dos en el trasdós, aunque el desinterés de Aranda nos da a entender que estas últimas se desbastarían de un modo grosero ya que el trasdós queda oculto dentro de la fábrica.

Arco diagonal por rincón de lados desiguales

Para trazar este dicho arco diagonal por rincón de lados desiguales le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve de testa para el lado de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** con el altura del dicho arco **A** como se hizo en la difinition tercera figura (**cruz**) y a este dicho arco **C** servirá de testa del lado de la planta **D** y formarás el arco **E** que sirve para el rincón que procediere de la línea diagonal **F** y la circunferencia en blanco **G** sirve de juzgo para tomar los desvíos de las plantas por lechos y para sacar las plantas por lechos las sacarás echando los desvíos que hubiere entre las circunferencias **E G** en la línea **F** como se sacaron en el arco diagonal por rincón a 92 planas de este libro y labrarás las piezas de este dicho arco conforme se hizo en el dicho arco diagonal dándoles por cada testa la tirantez que tuvieren los bolsos de su arco

Esta *traza* es una variante de anterior con la diferencia de que una de las testas es de menor luz que la otra [154]. Tendremos por lo tanto un semicírculo en una testa, una semielipse peraltada en la otra y un segmento de círculo de radio algo mayor en el plano medio; vistos en alzado, los tres se encontrarán en las claves.

La construcción dará comienzo trazando la directriz de una testa, **A**, con su trasdós, y repartiendo el dovelaje como un haz de planos de canto con el eje en la recta que une los centros de los tres semicírculos **A**, **C** y **E**, de manera que **A** quede dividido en partes iguales. No importa que en el plano de la directriz intermedia **E** las dovelas sean desiguales, pues **E** queda semioculto en el interior de la *cara*.

Se presenta de nuevo el problema del trazado de la testa elíptica, **C**; Aranda nos dice que *formarás el arco C con el altura del dicho arco A como se hizo en la difinition tercera figura (cruz)*. Ahora bien, como veíamos más arriba, esa construcción es errónea pues las cuerdas de las dovelas en el arco elíptico **C** no son iguales. Hecha esta salvedad, el procedimiento consiste en trazar horizontales a las cotas de los puntos que definen el arco tomándolas de **A** e ir trazando arcos con la longitud de las cuerdas de las dovelas; donde intersecten a las horizontales estarán los puntos que definen el arco **C**.

Después se ha de trazar la directriz intermedia, E, como un arco de círculo de luz mayor que A pero cuyo centro vendrá situado en el alzado en la vertical que pasa por la clave de A y quedará por debajo de la línea de impostas una distancia igual a la diferencia de radios entre E y A; con esto conseguiremos que los dos arcos sean tangentes vistos en alzado y con ello el buen acuerdo entre las superficies de intradós.

Para facilitar el trazado de las *plantas por lecho*, Aranda reproduce el arco C al otro lado de la planta, pues necesita basarse en él y en E para obtener las *plantas*. Por una vez está faltando al principio de economía de los trazados, pues hubiera sido más fácil construir directamente E en el lado de la planta correspondiente a C. Esta vez no podemos pensar en un error de dibujo, pues la operación figura en el texto: *la circunferencia en blanco G sirve de juzgo para tomar los desvíos de las plantas por lechos*.

Hecho esto, podemos abordar el trazado de las de las *plantas por lecho*, cuya función está a medio camino entre las *saltrarreglas* del *Arco viaje contra cuadrado por robos* o el *Arco capialzado por robos*⁴⁰⁶ y las verdaderas *plantas por lecho*. Abatiremos como tantas veces con eje en la arista inferior de una dovela, que será en alzado una recta de punta, es decir, en la intersección de la cara de lecho con G; la recta de punta no se moverá, pero sí lo hará la intersección de E con la cara de lecho, que vendrá a parar a un punto en F que podemos construir fácilmente tomando del alzado la distancia entre las intersecciones de la cara de lecho con G y E. Sin embargo, Aranda mide esta distancia no desde la charnela, sino desde una recta que une las intersecciones de la *planta por lechos* con A y C; es obvio que piensa que los puntos de esta recta no se desplazan en el abatimiento. El problema viene con la intersección de la cara de lecho con A, que no está en la recta de punta; debería moverse dentro de B, cosa que no refleja el dibujo ni describe el texto.⁴⁰⁷ Tal como dibuja Aranda el arco, este movimiento sería inapreciable; pero si la diferencia de luces entre una testa y otra es mayor, las consecuencias podrían llegar a ser importantes.

A continuación podemos desbatar el sólido capaz de la dovela, que estará limitado por G, las caras de lecho y el trasdós de E, que aquí ni siquiera se dibuja; a este sólido le aplicaremos las *plantas por lecho* para terminar la labra, *robando* una cuña en el intradós de la dovela para obtener

⁴⁰⁶ V. p. 54 y 125.

⁴⁰⁷ Cabe otra posibilidad: que se esté abatiendo no con charnela en una recta de punta, sino en una recta horizontal oblicua que una las intersecciones de la cara de lecho con A y C; pero entonces, F no es perpendicular a la charnela y el punto medio de la *planta* debe salir de F.

Figura 154. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 94.

un ángulo entrante y dos en el trasdós, aunque es evidente que esto último se haría de un modo más que sumario; la prueba es que Aranda ignora el trasdós.

Arco diagonal por esquina

Para trazar este dicho arco diagonal por arista le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve de testa para los lados de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** en forma apuntado con el ancho que hubiere de una esquina a otra y con el alto que tuviere el dicho arco **A** este arco **C** servirá para el arista que procediere de la línea diagonal **D** y para sacar las plantas por lecho las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **E** tomarás en su junta el desvío que hubiere entre los arcos **A C** desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño desviarás en los lados de la planta **B** desde los puntos 3 a los puntos 4 y de estos puntos 4 tirarás los lados de la cara de la dicha planta por lecho hasta el punto 5 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lecho para plantarlas al justo y con estas dichas plantas labrarás este dicho arco dándoles a las piezas la tirantez que parece entre los arcos **A C** de manera que venga por la mitad de la clave a estar el dicho arco de cuadrado que se hayan perdido las aristas

Esta *traza* se asemeja a las anteriores; otra vez la superficie de intradós se construye a partir de dos semicírculos iguales en las testas y una *arista* en el plano medio entre ambas, que en este caso es un arco apuntado que visto en alzado se cruza con los semicírculos en las claves, dando lugar a dos superficies pseudoconoidales en el intradós [155].

Comenzaremos la construcción trazando las dos directrices de las testas, **A**, con su trasdós y el arco apuntado **C**; para repartir el dovelaje tomaremos un haz de planos de canto con eje en el eje común de las testas y el arco apuntado, pero si en el *Arco diagonal por rincón*⁴⁰⁸ buscábamos que las dovelas determinaran cuerdas iguales en las testas, en este caso lo que dividiremos en partes iguales será el arco apuntado **C**. Como en el *Arco de rincón de caustria por plantas*,⁴⁰⁹ hay que tener en cuenta que Aranda no divide en cinco partes iguales cada mitad del arco apuntado para tomar dos,

⁴⁰⁸ V. p. 223.

dos y una, sino que lo que busca es dividir en cinco partes la totalidad del arco apuntado de tal manera que la cuerda de la clave - y no la suma de las dos cuerdas de cada mitad de la clave - mida lo mismo que la cuerda de una dovela, división que sólo se puede realizar por tanteos.

Después se pueden construir las llamadas *plantas por lecho*; el nombre no debe hacernos pensar que se van a labrar las piezas *por plantas al justo*, porque en realidad se trata de un procedimiento a medio camino entre los *robos* y las *plantas*; la envolvente no es un paralelepípedo sino un prisma mixtilíneo que se adapta mejor a la envolvente de la dovela; la *saltrarregla* es doble, con lo que se da el primer paso hacia las verdaderas *plantas por lecho* de cuatro o más lados; pero de todas formas, la traza se sigue resolviendo con ayuda de proyecciones y la labra a partir de un sólido capaz.

Como en otras muchas ocasiones, abatiremos con charnela en una recta de punta, que en esta ocasión no pasará por los vértices de la testa sino por los del arco apuntado. Supongamos, para fijar ideas, que es la recta que pasa por 1; no girará en el abatimiento, por lo que su imagen en planta será 3 5 3; la intersección de la cara de lecho con A, punto 2, se mantendrá en el plano D, que es perpendicular al eje del abatimiento, y podemos construirla midiendo 1 2 en el alzado y llevando esta distancia sobre D a partir de 3 para fijar el punto 4, abatimiento de 2; por tanto la llamada *planta por lecho*, es decir, la imagen abatida de las dos aristas inferiores de la cara de lecho vendrá dada por 4 5 4.

A continuación pasaremos a la labra propiamente dicha, desbastando la envolvente de la dovela, que estará limitada por C, las caras de lecho y el trasdós de A; después de labrar en fino las caras de lecho marcaremos sobre una de ellas el ángulo 4 5 4 por medio del instrumento conocido precisamente por *saltrarregla*, o si lo encontramos más cómodo una *planta* rudimentaria, y un trazador, o bien con pluma de ganso y almagre; repetiremos la operación en la otra cara con su ángulo correspondiente, para después *robar* dos cuñas en el intradós, dándole forma al ángulo saliente; en este caso es completamente innecesario *robar* por el trasdós, pues además del trabajo y material perdido, sólo conseguiríamos dificultar el encuentro de las dovelas con el muro.

⁴⁰⁹ V. p. 217 de este Tomo II; v. también 28 del Tomo II y 173 del Tomo I.

Figura 155. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 95.

Arco diagonal por esquina

Arco diagonal por esquina de lados desiguales

Para trazar este dicho arco diagonal por esquina de lados desiguales le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve para el lado de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** con el altura que tuviere el arco **A** formándolo con tres puntos de la mejor manera que te pareciere este dicho arco **C** servirá de testa para el lado de la planta **D** y formarás los arcos apuntados **E** que sirven para el arista que procediere de la línea diagonal **F** y las plantas por lechos las sacarás conforme se sacaron en el arco diagonal por esquina a 94 planas de este libro echando los desvíos que hubiere entre los arcos **A** **E** en el lado de la planta **B** y los desvíos que hubiere entre los arcos **C** **E** se echarán en el lado de planta **D** y las piezas de este dicho arco se labrarán plantándoles sus caras por lechos dándoles por cada testa las tiranteces que tuvieren los bolsores de su arco

Este «corte» es una variante del anterior en el que uno de los arcos de testa es de luz menor que el otro, aunque mayor que la del arco apuntado [156]. Después de construir **A** y **E**, que aquí se traza en ambos lados, pues va a servir de base para la construcción de las *plantas por lecho*, hemos de levantar la testa menor; ésta podría en principio ser semicircular, pero el resultado sería muy extraño, porque visto el arco desde el lado de la testa mayor, por debajo de la clave del arco apuntado asomaría la testa menor. Para evitar este efecto se traza **C** como un arco oval peraltado de la luz apropiada y de flecha igual a la flecha de **A**; pero Aranda apenas da más explicaciones: *formarás el arco C con el altura que tuviere el arco A formándolo con tres puntos de la mejor manera que te pareciere*, lo que sugiere que se trata de un semióvalo de tres centros. A continuación se reparte el dovelaje dividiendo E^{410} en cinco partes y pasándolo a **A** por un haz de planos que tiene por eje el común de **A**, **C**, y **E**.

Las llamadas *plantas por lecho* se obtienen como en los ejemplos anteriores: se abate con eje en la recta de punta que pasa por la intersección de **E** con una cara de lecho, y este punto no se moverá en el abatimiento; las intersecciones de **A** y **C** con la cara de lecho sí se moverán pero se mantendrán dentro de planos paralelos a la charnela, **B** y **D**

respectivamente; podemos situarlos tomando sus distancias a la recta de punta de los alzados y llevándolas sobre **B** y **D**, con lo que obtendremos las respectivas *saltarreglas*.

Podemos ahora pasar a labrar la pieza desbastando el prisma mixtilíneo formado por **E**, el trasdós de **A** y las dos caras de lecho, y a continuación *robando* dos cuñas por el intradós ayudándonos de las llamadas *plantas por lecho*; como en el «corte» anterior, quitar otra cuña del trasdós no es sólo inútil sino contraproducente.

Arco por esquina contra cuadrado por lado

Para trazar este dicho arco por esquina contra cuadrado por lado le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve para testa de los lados de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** que es el arista que procediere de la línea del intermedio **D** y a este dicho arco le sacarás sus plantas por lechos con los desvíos que hubiere en las juntas entre los arcos **A C** echando los dichos desvíos por los lados de la planta **B** desviando a cada uno del plomo que bajo de su junta como se hizo en el arco diagonal por esquina a noventa y cuatro planas de este libro y le labrarás las piezas plantándoles sus plantas por lechos dándoles por las testas las tiranteces que tuvieren los bolsos entre los arcos **A C**

Nos encontramos ante un nuevo «corte» de la misma familia. En el *Arco por arista en la cara*⁴¹¹ teníamos dos directrices semicirculares en las testas y una tercera directriz en forma de segmento de círculo que se encontraba con las otras dos en las impostas. En la serie de los arcos *diagonales*⁴¹² las directrices se encontraban en la clave. En este, la proyección en alzado de la tercera directriz, semicircular y menor que las testas, corta a las otras dos en **una** imposta, pero no en la otra [157]. Por tanto, en la imposta donde se encuentran las directrices desaparece la *arista*, mientras que en la otra es donde es más pronunciado el saliente o *esquina*.

El trazado es sencillo; construir las testas **A** y la directriz intermedia **C** no ofrece dificultad; casi el único rasgo curioso es que el dovelaje se reparte

⁴¹⁰ Aquí el dibujo es impreciso, y no se puede asegurar si se divide de forma que sea la cuerda de la clave o las dos medias cuerdas las que se igualan a la cuerda del salmer; pero lo lógico es pensar que sea la cuerda, por analogía con los trazados anteriores.

⁴¹¹ V. p. 135.

⁴¹² V. p. 209 y ss.

Figura 156. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 96.

Arco diagonal por esquina de lados desiguales

Figura 157. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 98.

Arco por esquina contra cuadrado por lado

mediante dos haces de planos de canto como en el *Arco viaje contra viaje por cara por plantas y por robos*⁴¹³ y no mediante uno solo como en el resto de arcos de esta familia; en el semiarco del lado *cuadrado* el eje del haz de planos es el de **A**, mientras que en el lado de la esquina los planos convergen en el eje de **C**. La solución tiene su lógica, pues en el lado *cuadrado* debería ser más perceptible la arista **A**, mientras que en el opuesto lo sería **C**.

Tampoco presenta dificultades el trazado de las llamadas *plantas por lecho*, obtenido abatiendo con charnela en la intersección de **C** con la cara de lecho; esta intersección no se desplazará pero sí lo hará la de **A**, que vendrá a parar a un punto de la recta **B**; obtendremos este punto tomando la distancia entre **A** y **C** del alzado y llevándola sobre **B** desde el plomo que bajamos desde la charnela.

También es sencilla la labra, que se realiza desbastando el sólido capaz de la dovela, limitado por **C**, las caras de lecho y el trasdós de **A**; sobre las caras de lecho aplicaremos las *plantas* para *robar* dos cuñas que nos irán dando la forma de ángulo saliente del intradós, forma que se va perdiendo conforme nos acercamos a la imposta del lado *cuadrado*. Como en el *Arco diagonal por esquina*,⁴¹⁴ labrar un ángulo entrante en el trasdós no sólo es innecesario, sino que complicaría enormemente el encuentro con el muro.

Arco por rincón contra cuadrado por lado

Para trazar este dicho arco por rincón contra cuadrado por lado le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve para testa de los lados de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** en semicírculo que sirve para el rincón que procediere de la línea del intermedio **D** y a este dicho arco le sacarás sus plantas por lechos con los desvíos que hubiere en las juntas entre los arcos **A C** desviando los dichos desvíos de sus plomos por los lados de la planta **B** como se hizo en el arco diagonal por rincón a 92 planas de este libro y le labrarás sus piezas plantándole sus plantas por lechos dándoles las tiranteces que parecen entre los bolsores del dicho arco

⁴¹³ V. p. 67.

⁴¹⁴ V. p. 227.

Se trata de una variante de la *traza* anterior, el *Arco por esquina contra cuadrado por lado*; allí teníamos tres directrices semicirculares, dos de igual radio en las testas y una tercera de radio menor que se encontraba con las otras dos en **una** imposta; aquí el esquema es el mismo, pero la tercera directriz es de radio **mayor** que las de testa, y en lugar de un ángulo saliente, en el intradós tenemos un ángulo entrante [158]. Pero del mismo modo que en la anterior, en la imposta donde se encuentran las directrices desaparece el ángulo entrante, que será máximo en la otra imposta.

El procedimiento es todavía más sencillo que en la anterior; se trazan las testas **A** y la directriz intermedia **C**; esta vez el dovelaje se reparte mediante **un solo** haz de planos de canto con eje en el eje de **A**, y que divide a éste en partes iguales, pues **C**, oculto en el ángulo entrante, apenas se ve.

Tampoco presenta dificultades la construcción de las llamadas *plantas por lecho*, que se obtienen por un abatimiento con eje en la intersección de **A** con la cara de lecho; esta intersección no se mueve pero sí lo hace la de **C**, que podemos obtener tomando la distancia entre **A** y **C** del alzado y llevándola sobre la recta **D** desde la vertical que bajamos desde el eje del abatimiento.

La labra se realiza desbastando la envolvente de la dovela, formada por **A**, las caras de lecho y el trasdós de **C**, que Aranda como en otras ocasiones ni se molesta en dibujar; sobre las caras de lecho aplicaremos las *plantas* para *robar* una cuña y obtener el ángulo entrante. Pero aquí sí es necesario desbastar el trasdós aunque sea de una forma sumaria; hay que tener en cuenta que si tomamos como trasdós del arco la proyección de la cara exterior de **A** nos cruzaríamos en los salmeres con **C**, y el arco quedaría dividido en dos. Por tanto es imprescindible labrar un ángulo saliente en el arco y uno entrante en el muro, si es que éste es de sillería.

Arco por esquina contra viaje por lado

Para trazar este dicho arco por esquina contra viaje por lado le formarás el arco **A** tirado desde dos puntos como parece en la traza este dicho arco servirá de testa para el lado de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** en semicírculo que sirve de testa para el lado de la planta **D** y los arcos **E** sirven para el arista que procediere en la mitad del arco de la línea del intermedio **F** y las plantas por lecho de la mitad del arco que hicieren arista se sacarán conforme se hizo en el arco diagonal por

Figura 158. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 99.

Arco por rincón contra cuadrado por lado

esquina a 94 planas de este libro y la otra mitad del arco que hiciere viaje sacarás las plantas por lechos y por caras de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **G** tomarás en su junta el desvío que hubiere entre el arco **A** y la circunferencia **H** desde el punto uno **1** al punto **2** y este tamaño desviarás del plomo **3** por el lado **B** desde el punto **4** al punto **5** y a este dicho punto **5** tirarás la cara de la dicha planta por lecho **G** desde el punto **6** y con esta dicha cara y los lados de la planta **B D** que servirán de testas quedará formada la dicha planta por lecho y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lecho de este lado que hace viaje y las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **I** tirarás una línea en blanco que sirve de juzgo **a** que haga ángulo recto con el lado bajo de la planta que es la línea **b** y toque en el punto **c** después tomarás el largo de su bolsor en el arco **A** desde el punto **1** al punto **d** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el dicho punto **d** y con la otra tocarás en la línea en blanco **a** en el punto **e** y a este dicho punto **e** tirarás la testa grande de la dicha planta por cara desde el dicho punto **d** y para sacar la testa contraria tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **G** desde el punto **5** al punto **6** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **e** y con la otra circundarás un pedazo de círculo en blanco **f** y después tomarás el largo de su bolsor en el arco **C** desde el punto **g** al punto **h** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el dicho punto **g** y con la otra tocarás en el pedazo de círculo **f** en el punto **i** y a este dicho punto **i** tirarás la dicha testa contraria pequeña desde el punto **g** y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por cara como parece entre las letras **d e f g** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo de este dicho lado que hace viaje

Se trata en este caso de dos semiarcos ensamblados por la clave [159], uno de ellos medio *Arco diagonal por esquina* y el otro una variante del *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*.⁴¹⁵ Para que este ensamblaje se realice con limpieza, será necesario que haya acuerdo entre las superficies de intradós, lo que se consigue aquí cumpliendo tres condiciones: los dos

⁴¹⁵ V. p. 227 para el *Arco diagonal por esquina* y p. 54 para el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*.

semiarcos son de la misma profundidad, la sección de las dos superficies por un plano vertical que pasa por la clave es una recta de punta horizontal y las claves tienen la misma altura.

La primera y la tercera de estas condiciones se pueden cumplir sin ningún problema, jugando con la profundidad y la luz de los arcos; la segunda es algo más delicada. En el *Arco diagonal por esquina* se cumple directamente, pues las proyecciones en alzado de las tres directrices se cortan en la clave; en cambio, en el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos* tal como se presentó en su momento, las dos directrices se encuentran en una imposta y desde ahí van separándose cada vez más hasta alcanzar la máxima distancia entre la otra imposta, por lo que en las cercanías de las claves las generatrices de la superficie de intradós no serán horizontales. Será necesario por lo tanto recurrir a una variante de este arco, en la que los alzados de las dos directrices se cruzan en la clave y a partir de ahí van distanciándose hasta la imposta.

La mitad *diagonal por esquina* no ofrece dificultades nuevas; se construye a partir de dos cuartos de círculo iguales en las testas, A y C, y una *arista* en el plano medio entre ambas, E, que es un arco de círculo que como decíamos se encuentra con las otras dos en la clave; el dovelaje se reparte tomando un haz de planos de canto con eje en el de los arcos de testa, pero que divide en partes iguales E, puesto que es la arista más visible, lo que impide que A quede repartido regularmente. Hecho esto se pueden trazar las llamadas *plantas por lecho* de este semiarco, abatiendo con charnela en una recta de punta que pasa por el vértice de la dovela correspondiente al arco apuntado, que no se desplazará; la intersección de la cara de lecho con A, se mantendrá en el plano B, que es perpendicular al eje del abatimiento, y podemos construirla tomando su distancia a E del alzado y llevando esta distancia sobre B; del mismo modo obtendremos el vértice correspondiente a la testa C y con ello tendremos la llamada *planta por lecho*, que no es más que la imagen abatida de las dos aristas inferiores de la cara de lecho. Con esto podemos labrar la pieza, desbastando una envolvente de la dovela por E, las caras de lecho y el trasdós de A; le aplicaremos la *planta por lecho* para *robar* dos cuñas en el intradós, dándole forma al ángulo saliente; como en otros casos, es contraproducente *robar* por el trasdós, pues sólo lograríamos complicar el encuentro de las dovelas con el muro.

La otra mitad ofrece más dificultades, tanto de realización como de interpretación. Se comienza trazando los dos arcos de testa; el menor es prolongación del otro semiarco A, mientras que el mayor tendrá su centro

Figura 159. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 100.

Arco por esquina contra viaje por lado

en la vertical que pasa por el centro de C, pero debajo de la línea de impostas al ser de mayor luz; con esto conseguimos que el acuerdo entre superficies en la clave sea casi perfecto pues las cuatro testas son tangentes al estar sus centros en el plano vertical que pasa por el centro de A. Continuamos repartiendo el dovelaje mediante un haz de planos con eje en el eje de A, pero en este semiarco sí se divide A, que es la arista más visible, en partes iguales; como en el otro semiarco no se había optado por esta solución, se produce una ligera asimetría.

Las *plantas por lecho* de este lado se construyen abatiendo con charnela en la recta de punta que pasa por 2; el punto 1 se moverá sobre la línea B, y podemos situarlo tomando la distancia 1 2 del alzado y llevándola sobre B desde 4 a 5. Las aristas cortas de la *planta por lecho* quedarán situadas sobre B y D y se podrían construir fácilmente del mismo modo como se explica en el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*, aunque Aranda no lo hace porque no pretende labrar con precisión el trasdós. Estamos por lo tanto ante una solución comparable a las «saltarreglas» que Vandelvira emplea en sus *trazas* por baivel, como las denomina Palacios;⁴¹⁶ se construye la junta de intradós y las dos juntas de testa, pero no con intención de construir una plantilla de la cara de lecho, sino simplemente, conocer el ángulo entre las juntas de testa e intradós. En este caso, la construcción es aún más sencilla, porque juntas de testa abatidas caen sobre las impostas B y D y no es necesario trazarlas. La construcción tiene mucho en común con el «biais passé» de Mathurin Jousse, que probablemente deriva de soluciones medievales.⁴¹⁷

A continuación Aranda nos explica cómo obtener las *plantas por cara*. La superficie de intradós de esta mitad del arco es una reglada alabeada, por lo que no se puede construir una plantilla rígida que se ajuste exactamente a los cuatro vértices de la cara de intradós de la dovela; a lo más que se puede aspirar es a disponer de una *planta* que represente correctamente los cuatro lados y una diagonal de la cara de intradós, aunque falseará inevitablemente la otra diagonal. Hemos visto construcciones similares en el primer *Arco viaje contra viaje por cara y por plantas* y en el *Arco capialzado por plantas*,⁴¹⁸ pero en los dos casos se reflejaban únicamente en el dibujo y no se describían en el texto, lo que podía dejar un resquicio a la duda. Aquí

⁴¹⁶ José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 18-20. Es necesario tener en cuenta para Vandelvira la «saltarregla» es el segmento que representa la junta de testa, mientras que Aranda denomina en otras piezas *saltarregla* a la imagen de la junta de intradós.

⁴¹⁷ V. p. 67 y ss.

⁴¹⁸ V. pp. 67 y 125.

la encontramos descrita por primera vez, lo que nos confirma que la solución de Aranda es un antecedente de las plantillas de caras alabeadas que propondrá Frézier en el siglo XVIII.⁴¹⁹

Para construir la *planta por cara* del salmer abatiremos con charnela en la jamba **d g**. El punto **1** se moverá en un plano perpendicular a la charnela que pasa por su proyección **5**, y su distancia a **d** la podemos tomar del alzado; por tanto podemos construir su imagen abatida trazando la recta **a**, perpendicular a **d g** que pasa por **5** y hallando sobre ella el punto **e** que dista de **d** una longitud **d 1** que tomamos del alzado. Tenemos así representados en verdadera magnitud dos lados de la *planta por cara*; pero además, al abatir sobre la horizontal el segmento **d e** con charnela **d g**, hemos abatido en realidad el plano que pasa por **d**, **e** y **g**, y con él la diagonal **g e** y el ángulo **e d g**.

El cuarto vértice plantea un problema más delicado, pues no está en el plano determinado por los otros tres, ya que la imposta y la junta de intradós **1 2** se cruzan y no se cortan, como podemos comprobar observando que sus proyecciones verticales se encuentran en el centro del arco, pero las horizontales, que son **d g** y **5 6** no. Caben varias formas de cerrar la *planta por cara* pero a causa del alabeo de las superficie de intradós ninguna puede representar en verdadera magnitud los dos lados y la diagonal que faltan. Una es la que propone Frézier: proyectar el cuarto vértice sobre el plano definido por los otros dos, lo que nos permite labrar la dovela *por plantas* y después *afondarla* para situar el cuarto vértice al darle forma definitiva. Otra posibilidad, relacionada con el procedimiento que emplea Aranda en el *Arco por esquina y por rincón abocinado*⁴²⁰ es la de obtener el cuarto vértice por el mismo método empleado en el tercero, lo que conduce a obtener la segunda diagonal en verdadera magnitud a costa de falsear la junta de intradós.

Frente a estas alternativas, Aranda escoge un camino práctico: halla las distancias del cuarto vértice **i** tanto a **e**, que tenemos en la *planta por lecho*, pues es igual a **5 6**, como a **g**, que podemos tomar del alzado pues equivale a **g h**; por lo tanto con trazar arcos con centro en **e** y radio **5 6** y con centro en **g** y radio **g h** y determinar su intersección **e** tendremos definida la primera *planta por cara d e i g*.⁴²¹ Como hemos dicho antes, la plantilla así

⁴¹⁹ V. p. 242 del Tomo I.

⁴²⁰ V. p. 198.

⁴²¹ Existe un error de transcripción pues el manuscrito dice primero *circundarás un pedazo de círculo f [...]* *tocarás en el pedazo de círculo f en el punto i y a este dicho punto i tirarás la dicha testa contraria* y después

obtenida reproduce en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara de intradós, la diagonal *e g* y los ángulos *e d g* y *e i g*, mientras que falsea la diagonal *d f* y los ángulos *d e i* y *d g i*. Emplear una plantilla así en la labra *por plantas* en sentido estricto, es decir, comenzar la labra marcando la plantilla sobre un plano desbastado, puede conducir a errores. Pero sí puede ser un auxiliar útil en la labra de la dovela por un método intermedio entre *plantas* y *robos*, pues después de obtenida la envolvente de la dovela como en el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos* se puede comenzar a *afondar* la mitad de la dovela comprendida entre los tres vértices *g*, *d* y *e*, empleando la planta para comprobar el resultado. Hecho esto, se pasa a la otra mitad, la definida por los vértices *e i* y *g*; la plantilla «baila» alrededor de la diagonal *e g* y se ajusta exactamente a este segundo triángulo.

Después de labrado el salmer, el manuscrito nos dice *de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo a este dicho lado que hace viaje*. Pero esto no se puede hacer exactamente de la misma manera porque *d g*, situada en la jamba, es horizontal, pero 1 y 2 están a alturas diferentes. El dibujo no refleja esta diferencia y construye la segunda *planta por cara* tomando como abatimiento de 1 2 su proyección *c 6*,⁴²² lo que le conduce a un resultado incorrecto, aunque en la práctica la diferencia será despreciable.

Arco por rincón contra viaje por lado

Para trazar este dicho arco en rincón contra viaje por lado le formarás el arco *A* desde dos puntos como parece en la traza este dicho arco servirá de testa para el lado ancho de la planta *B* y asimismo formarás el arco *C* en semicírculo que sirve de testa para el lado angosto de la planta *D* y las circunferencias *E* sirven para el rincón que procediere en la mitad

quedará formada la dicha planta por cara como parece entre las letras d e f g; si *f* es el arco de círculo que se utiliza en la construcción del vértice *i*, la *planta por cara* será *d e i g*.

⁴²² Podría pensarse que Aranda toma como abatimiento de la junta de intradós el segmento 5 6, que lo representa en verdadera magnitud, y no 6 c, que es su proyección horizontal; en tal caso la *planta por cara* representaría correctamente los cuatro lados de la cara de intradós. Para comprobarlo se ha reproducido la construcción sobre una copia del dibujo del Servicio Histórico Militar y se han trazado arcos con radio igual a la cuerda de la dovela con centro tanto en 5 como en c, que nos deben dar la longitud del lado de la *planta por cara* correspondiente a la testa de la dovela. Pues bien, el tercer vértice de la *planta por cara* esta situado algo más allá del arco trazado con centro en c, pero la diferencia, de pocas décimas de milímetro, es más que aceptable como tolerancia del dibujo; por otra parte, se separa milímetro y medio respecto del arco trazado con centro en 5, por lo que hay que entender que la longitud del lado de testa de la *planta por cara* se traza desde c y que se toma como abatimiento de la junta de intradós su proyección horizontal.

del arco en la línea F y las plantas por lechos de esta mitad que hiciere rincón las sacarás conforme se hizo en el arco diagonal por rincón a 92 planas de este libro y la otra mitad del arco que hiciere viaje le sacarás sus plantas por caras y por lechos como se hizo en el arco por esquina contra viaje por lado a 99 planas de este libro

Esta *traza* se relaciona con la anterior; se trata de dos semiarcos unidos por la clave [160], una variante del *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos* y medio *Arco diagonal* que esta vez no es *por esquina* sino *por rincón*.⁴²³ Para que no se produzcan desacuerdos será necesario que los dos semiarcos sean de la misma profundidad, que la sección vertical de las dos superficies por la clave sea una recta horizontal y que las claves tengan la misma altura. Las condiciones primera y tercera se cumplen si los dos arcos son de la misma profundidad y luz; para conseguir la segunda se introduce una variante del *Arco viaje contra cuadrado por lado por plantas* en la que los alzados de las dos directrices se cruzan en la clave y a partir de ahí van separándose distanciándose hasta la imposta.

La mitad *diagonal por esquina* se resuelve del modo que conocemos; se construye a partir de dos cuartos de círculo iguales en las testas, A y C, y una *arista* en el plano medio entre ambas, E, que es un arco de círculo que esta vez es de radio mayor que las testas, pero como en la *traza* anterior se encuentra con las testas en la clave; el dovelaje se reparte tomando un haz de planos de canto con eje en el de las testas, que esta vez sí las divide en partes iguales. A continuación se pueden trazar las *plantas por lecho* de este semiarco, abatiendo con eje en una recta de punta que pasa por la intersección de la cara de lecho de la dovela con A, que no se moverá en el abatimiento; la intersección de la cara de lecho con E, se mantendrá en el plano F, que es perpendicular a la charnela del abatimiento, y podemos construirla tomando su distancia a A del alzado y llevando esta distancia sobre F, con lo que tendremos la *planta por lecho*, es decir, la imagen abatida de las dos aristas inferiores de la cara de lecho. Con esto podemos pasar a la labra de la dovela, desbastando un sólido capaz formado por A, las caras de lecho y el trasdós de E que Aranda no se molesta en dibujar, pues no pretende ejecutarlo con precisión al quedar oculto en la fábrica; a este sólido capaz le aplicaremos las dos *plantas por lecho* que le corresponden para *robar* una cuña en el intradós, formando así el ángulo entrante; al contrario de lo que sucedía en la *traza* anterior, el *Arco por*

⁴²³ V. p. 223 para el *Arco diagonal por rincón* y p. 54 para el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*.

Figura 160. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 102.

Arco por rincón contra viaje por lado

esquina contra viaje por lado, es necesario darle forma al trasdós, aunque sea del modo más grosero, pues E se encuentra con el trasdós de A.

Para construir el otro semiarco Aranda no da explicaciones pormenorizadas y nos remite sin más a la *traza* anterior. Comenzaríamos trazando los dos arcos de testa, uno de más luz, con centro en el plano vertical que pasa por el eje del arco, y otro en cuarto de círculo; a continuación trazamos las *plantas por lecho* abatiendo con eje en la recta de punta que pasa por el encuentro del arco menor con la cara de lecho; la intersección de la recta de punta con el arco mayor se moverá sobre la línea D, y podemos construirla tomando entre ambas testas del alzado y llevándola sobre D. Las aristas cortas de la *planta por lecho* quedarán situadas sobre B y D, pero no se construyen porque no hay interés en labrar con exactitud el trasdós.

También para las *plantas por cara* nos remite el texto a la *traza* precedente sin más. La cara de intradós de este semiarco es una reglada alabeada, y por tanto es imposible obtener una plantilla rígida que se ajuste con precisión a los cuatro ángulos de la cara de intradós, pero lo que Aranda se plantea es representar correctamente los cuatro lados y una diagonal de la cara de intradós, aunque la otra diagonal quede falseada. Para ello abatiremos con eje en la jamba; los dos vértices de la *planta* que forman sus extremos no se desplazarán, mientras que el tercero lo hará dentro de un plano perpendicular al eje que pasa por su proyección horizontal y que podemos representar por una recta perpendicular a la charnela; también podemos tomar la distancia de este tercer vértice a la imposta en el arco A, con lo que es fácil situarlo sobre la recta perpendicular a la charnela que hemos trazado.

Con esto tenemos representado en verdadera magnitud dos lados y una diagonal de la *planta por cara*; el cuarto vértice plantea el problema de la planeidad de la *cara*, ya que la imposta y la primera junta de intradós no se cortan. Entre las varias maneras posibles de cerrar la *planta por cara*, ninguna de las cuales representa ni puede representar en verdadera magnitud el cuadrilátero alabeado, Aranda escoge una sencilla y práctica: determina las distancias del cuarto vértice a los dos contiguos, que puede tomar de la *planta por lecho* y del alzado, lo que le permite situarlos y obtener una *planta por cara* que representa en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara de intradós, una diagonal y los dos ángulos opuestos, si bien falsea la otra diagonal y los otros dos ángulos, lo que no le permite emplear el método de labra *por plantas* tal como lo expusimos en su

momento, pero sí utilizar esta plantilla como complemento de la *planta por lecho* para comprobar la exactitud de la labra.

Una vez labrado el salmer, Aranda nos decía en el *Arco por esquina contra viaje por lado* que *de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo a este dicho lado que hace viaje*; la construcción no puede ser la misma porque la jamba es horizontal, pero los extremos de las juntas de intradós no están a alturas diferentes; una vez más, el dibujo no refleja con claridad esta diferencia.

Arco abocinado en torre cavada

Para trazar este dicho arco abocinado en torre cavada le formarás el arco **A** en semicírculo el cual servirá de testa para el lado cavado de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** en semicírculo que sirve de testa para el lado angosto de la planta **D** y circundarás la circunferencia **E** que sirve de juzgo para sacar las plantas por lechos las cuales dichas plantas por lechos sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **F** tirarás la línea en blanco que sirve de juzgo **a** que haga ángulo recto con la línea **b** y toque en el punto **c** después tomarás lo que desviare en su junta el arco **A** de la circunferencia **E** desde el punto **e** al punto **f** y este tamaño echarás en la línea en blanco **a** desde el punto **g** al punto **h** y a este dicho punto **h** tirarás la cara de la planta por lecho **F** desde el punto **i** y para sacar la testa cavada tirarás la línea en blanco que sirve de juzgo **l** que haga ángulo recto con la dicha línea **b** y toque en el punto **m** después tomarás en el arco **A** el largo de su junta desde el punto **f** al punto **n** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **h** y con la otra tocarás en la línea en blanco **l** en el punto **o** y a este dicho punto **o** tirarás la testa cavada desde el dicho punto **h** con una circunferencia extendida la cual dicha circunferencia se ha de extender como se hizo en el arco en torre cavada contra cuadrado a 24 planas de este libro después tomarás el largo de la línea en blanco **p** desde el punto **m** al punto **q** y esta línea extenderás por línea concurriente con lo que sube más el plomo del tardos de la junta en el arco **A** que no en el arco **C** como parece en la línea extendida **G** y esta dicha línea **G** servirá de tardos de la dicha planta por lecho desde el punto **o** al punto **r** y a este dicho punto **r** tirarás la testa contraria desde

Figura 162. Arco entre rotonda y deambulatorio de la catedral de Granada.

el punto *i* que tenga de largo la dicha testa desde el punto *i* al punto *r* lo que tuviere de largo su junta en el arco *C* desde el punto *s* al punto *t* y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo y las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara *H* tomarás el largo de la cara de la planta por lecho *F* y este tamaño echarás desde el punto 1 al punto 2 y por este dicho punto 2 tirarás la línea en blanco que sirve de juzgo 3 que haga ángulo recto con la línea de la junta baja 4 después tomarás el ancho de su bolsor en el arco *A* desde el punto 5 al punto 6 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 7 y con la otra tocarás en la línea en blanco 3 en el punto 8 y a este dicho punto 8 tirarás la testa cavada desde el dicho punto 7 con una circunferencia extendida la cual dicha circunferencia se extenderá como se hizo en el dicho arco en torre cavada contra cuadrado a 24 planas de este libro después formarás la dicha planta de suerte que tenga de largo desde el punto 8 al punto 9 lo que tuviere de largo la cara de la planta por lecho *F* desde el punto *h* al punto *i* y tenga de ancho la testa contraria desde el punto 9 al punto 10 lo que tuviere de ancho su bolsor en el arco *C* desde el punto 11 al punto 12 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras y se entiende que estas dichas plantas por caras se han de plantar teniendo labradas las caras de las piezas a regla y borneo y después se han de afondar las dovelas en las dichas caras con las circunferencias de los arcos plantando cada una por la testa que le conviniere

La primera cuestión que se plantea acerca de esta *traza* y las tres siguientes es porqué figuran precisamente aquí y no en otro lugar del manuscrito. La que estamos comentando aborda una combinación de dos dificultades, el abocinamiento y el hecho de tratarse de un arco *en torre cavada*, esto es, abierto en un paramento cóncavo [161]. Los arcos en paramentos convexos y cóncavos figuran en las planas 19 a 33 del manuscrito; a continuación figuran tres arcos abocinados en paramentos planos, de la 33 a la 38, y el *Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada* en la 38 y 39.⁴²⁴ Desde ese momento no aparecen arcos abocinados ni en *torre*, ni cóncava ni convexa, hasta que en la plana 103 nos

encontramos inopinadamente este *Arco abocinado en torre cavada* y a continuación tres más de la misma familia; esta falta de sistemática que quizás pasaría desapercibida en textos como el de De L'Orme o el de Vandelvira choca en una obra de estructura rígida como la de Aranda.

Su lugar natural estaría en la plana 38, antes del *Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada*, por dos razones: Aranda coloca los arcos *en torre redonda contra cuadrado* y *en torre cavada contra cuadrado* antes que el *en torre redonda contra torre cuadrada* y no hay motivo para que en las variantes abocinadas no pase lo mismo. Pero además a lo largo del manuscrito se sigue un esquema en el que el primer arco de cada familia se explica por extenso derrochando notación geométrica, mientras que los sucesivos se exponen de una forma sumaria, remitiendo al primero de la familia y usando únicamente designaciones de los elementos principales de la figura, con letras mayúsculas. Pues bien, el *Arco abocinado en torre cavada*, planas 103 a 105 se expone en detalle, prácticamente dos planas completas sin contar dibujos, utilizando letras mayúsculas hasta la H, letras minúsculas hasta la t, y números hasta el 11; mientras que en los arcos *en torre cavada abocinado en viaje por cara y por testa*, *abocinado en torre redonda* y *en torre redonda abocinado en viaje por cara y por testa*, planas 105 a 109 se describen remitiendo al *Arco abocinado en torre cavada* con una extensión aproximada de media plana sin contar dibujos para cada uno de ellos y usando únicamente letras mayúsculas que siempre llegan a la E; lo mismo sucede en el *Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada*, plana 38, excepto que no hay referencia al *Arco abocinado en torre cabada*.

Se pueden plantear entonces dos hipótesis: el autor del manuscrito del Servicio Histórico Militar habría olvidado escribir o copiar estos cuatro arcos entre los arcos abocinados en paramentos planos y el *Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada*; al llegar al final de la parte del manuscrito que trata sobre arcos, se daría cuenta de su distracción y los colocaría entre los últimos arcos, seguidos tan solo por los *corredores* o agrupaciones de arcos. En la otra hipótesis, el manuscrito habría sido desmontado y vuelto a montar alterando el orden de las *trazas*; pero esta última no es una suposición sólida porque el manuscrito del Servicio Histórico Militar no presenta señales de alteración; además la estructura rígida del texto, dividido en *trazas* que la mayoría de las veces no abren página y con numerosas referencias internas, hace muy difícil que tal manipulación pase desapercibida. En cualquier caso, dado que ninguna de

⁴²⁴ V. pp. 87 y ss.

las dos teorías se puede demostrar de forma concluyente con los datos que tenemos hoy a nuestra disposición, hemos optado por mantener en nuestra presentación de la obra el orden de las trazas en el manuscrito del Servicio Histórico Militar.

Este arco se encuentra con cierta frecuencia en el románico, al abrir huecos en el interior de los ábsides; muchas veces, como en Gradefes, se opta no por abrir un *abocinado en torre redonda contra torre cavada*, que hubiera sido la solución más directa, sino un hueco compuesto de un *abocinado en torre redonda* al exterior y un *abocinado en torre cavada* al interior; otras veces, como en Santa Eufemia de Cozuelos, de mediados del siglo XII, se resuelve la cara exterior con una simple aspillera y la interior con el *abocinado en torre cavada*.⁴²⁵ En el Renacimiento aparece en ocasiones en las grandes rotondas, como la de la catedral de Granada [162]; no hace falta decir que el contraste entre estas grandes aberturas y los pequeños huecos de los ábsides románicos no abonan la idea de una recuperación de la *traza* románica y hacen pensar más en un **redescubrimiento** de este tema compositivo basado en la intersección de figuras geométricas simples.

Encontramos la misma solución de Gradefes en el *Cuaderno* de Villard de Honnecourt [163], un hueco estrecho por la cara convexa y uno ancho por la cóncava, con la anotación «ar chu tail'om vosure d'estor de machonerie roonde».⁴²⁶ Aparece una regla-cercha pegada al hueco por la cara recta, una serie de marcas que parecen denotar los alejamientos de los vértices de las sucesivas dovelas respecto del plano de la regla-cercha y otras que podrían corresponder a las proyecciones o abatimientos de las juntas de intradós. Existe una cierta unanimidad en considerar que la regla-cercha y las marcas se relacionan con la labra de las dovelas por el método de los *robos*, dicho sea todo esto con la prudencia que hay que emplear cuando se habla de los más que esquemáticos dibujos de Villard;⁴²⁷ siguiendo en parte la exposición de Sanabria, en primer lugar se talla una dovela normal de arco de medio punto, a continuación se toman con ayuda de la regla-cercha las distancias de los vértices de la dovela a un plano de referencia. En el dibujo se representa la operación de tomar la posición de los vértices del

⁴²⁵ Fernando CHUECA GOITIA, *Historia de la Arquitectura Española*, Madrid, Dossat, 1965, p. 309; Joaquín YARZA, *Arte y arquitectura en España 500-1250*, p. 337-338; José María AZCÁRATE, *Arte gótico en España*, p. 16; Miguel Ángel GARCÍA GUINEA, *El arte románico en Palencia*, Palencia, Diputación, 1961 (5ª ed. 1997, pp. 136, 139-140, lám. 108, 109, 113).

⁴²⁶ VILLARD DE HONNECOURT, *Cuaderno*, lám. 39 según la numeración de Omont.

⁴²⁷ Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 37.

salmer; uno de ellos, el que corresponde al encuentro de jamba y testa, se toma como punto de referencia; el otro punto de la cara de lecho inferior no se marca porque coincide con la testa; sí se marcan los dos vértices correspondientes a la cara de lecho superior; hecho esto se pueden trasladar las medidas a la piedra, trazar una curva y tallar la dovela *robando* todo lo que quede fuera de la curva; el luneto de cuarto grado aparecerá «por una especie de azar» como resultado de la intersección de dos cilindros, pero evidentemente los canteros de la época de Villard no necesitaban emplear estos conceptos abstractos. Por otra parte, la idea sostenida por Lalbat y Bechmann según la cual Villard obtendría los abatimientos de las caras de lecho no tiene base en el propio manuscrito.⁴²⁸ En época moderna el «corte» no es frecuente en la literatura de la cantería, pero podemos encontrarlo en Juan de Portor y Castro [164].⁴²⁹

Pasando a examinar la *traza* en sí, su construcción se inicia trazando el arco de medio punto **A** que se ha de proyectar sobre el paramento cóncavo y el **C**, con el mismo eje pero menor radio, que forma la testa plana, ambos con sus trasdoses respectivos. El reparto del dovelaje es elemental, mediante un haz de planos de canto que tienen por eje el común de los dos arcos y dividen ambos en partes iguales. Para facilitar la construcción se traza también este último en el lado contrario, el de **A**, para que sirva de *juzgo* o construcción auxiliar para obtener las *plantas por lecho*.

Al trazar la pieza de esta forma se está provocando un ligero alabeo en la cara de intradós, pues la superficie que pasa por los dos arcos **A** y **C** es un cono perfectamente desarrollable y en consecuencia todas las juntas de intradós convergen en su vértice, pero al proyectar el arco **A** sobre la testa **B** las juntas de intradós giran ligeramente alrededor del punto **1** y sucesivos. Como consecuencia las juntas de intradós vistas en alzado convergen en el eje del arco, pero vistas en planta no lo hacen; es decir, dos juntas de intradós consecutivas se cruzan y no se cortan, y por lo tanto, los cuatro vértices de la cara de intradós de una dovela no son coplanares. En cualquier caso, este efecto resulta casi imperceptible en la práctica.

Si queremos obtener una de las *plantas por lecho*, pongamos por caso la **F**, abatiremos con eje en la recta de punta que pasa por el más bajo de sus cuatro vértices, **e**. Éste no se moverá, pero los otros tres vértices de la *planta* sí lo harán, aunque siempre dentro del plano perpendicular a la recta de punta que pasa por ellos y por su proyección; por ello, para hallar la imagen

⁴²⁸ Roland BECHMANN, *Villard de Honnecourt*, pp. 175-180.

⁴²⁹ Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708 (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114)

Arco abocinado en torre cavada

Figura 163. Villard de Honnecourt, Cuaderno, lám 39.

Figura 164. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de arquitectura, f. 8 v.

abatida del segundo vértice **f**, construiremos una recta **a** perpendicular a la proyección **b** de la recta de punta y que pasa por la proyección **c** del punto **f**; a continuación medimos en el alzado la distancia **f e** entre el punto **f** y la recta de punta que pasa por **e**, y la llevamos sobre la recta **a** desde su intersección con **b**, imagen abatida de la recta de punta, para obtener el punto **h**, distante **f e** de la recta **b**; este punto será la imagen abatida de **f**.

Aranda comienza la construcción del tercer vértice **n** de la *planta por lecho* por un procedimiento similar; construye la recta **l** perpendicular a **b** que pasa por la proyección **m** del tercer vértice; pero cuando se trata de situar el abatimiento no mide desde **b**, lo que sería la solución correcta, sino que toma sin más la distancia entre **f** y **n** del alzado y sitúa el punto **o** imagen de **n** a una distancia **f n** de **h**, imagen abatida de **f**. La construcción es inexacta porque **f** y **n** no están en el mismo plano vertical y por tanto su distancia en alzado no es su distancia en verdadera magnitud, como sucedía en el *Arco abocinado en viaje por testa*.⁴³⁰ No parece error de transcripción, pues el texto es claro:

tomarás en el arco A el largo de su junta desde el punto f al punto n y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto h y con la otra tocarás en la línea en blanco l en el punto o y a este dicho punto o tirarás la testa cavada desde el dicho punto h

y en el dibujo los dos segmentos **f n** y **h o** son de igual longitud; pero puede ser una corrección deliberada para igualar las longitudes de las *tiranteces*. A continuación puede darse forma curva a este lado de la *planta por lecho* tal y como se hizo en el *Arco torre cavada contra cuadrado*,⁴³¹ trazando el segmento **c m**, tomando su distancia al arco **B** desde su punto medio y llevando esta distancia al punto medio de **h o**, con lo que tendremos tres puntos del arco que nos define la testa curva de la *planta por lecho*, los dos extremos **h o** y el medio que acabamos de construir, y podremos construirlo por el procedimiento de los «tres puntos perdidos».⁴³² Todo ello si el tamaño del arco y la precisión del acabado que se quiere obtener así lo pide, pues muchas veces será suficiente obtener la *planta* con sus cuatro lados rectos y dar la forma curva a sentimiento.

Para construir el cuarto vértice Aranda se embarca en una construcción laboriosa sin necesidad, incumpliendo por una vez el principio de economía en los trazados.⁴³³ Como estamos abatiendo con eje en la recta de

⁴³⁰ V. p. 113 y ss.

⁴³¹ V. p. 95

⁴³² V. p. 153 del Tomo I.

⁴³³ V. p. 181 del Tomo I.

punta que pasa por *e*, el abatimiento de *t* no saldrá del plano *D* y podremos construirlo tomando del alzado *C* su distancia a *s*; pero Aranda no parece ser consciente de que el punto abatido se mantiene en *D*.

En lugar de obtenerlo de esta manera sencilla, Aranda construye en verdadera magnitud la distancia entre el tercer y cuarto vértice; para ello toma su proyección en planta, *m q*, y halla la diferencia de cotas entre sus extremos, llevando la cota *q t* sobre la vertical de *n* a partir de la línea de impostas, obteniendo de este modo la diferencia de cota *n t'*; una vez hecho esto, en una construcción independiente levanta en ángulo recto *q m* y *t' n*; la hipotenusa del triángulo así formado, *G*, representa en verdadera magnitud el segmento *n t*; lo que ha hecho Aranda realmente es abatir con charnela en *m q*, si bien traza por separado el triángulo «por no entoscar la traza», como diría Vandelvira. Después sólo resta trazar dos arcos, desde *o* con radio *G* y desde *i* con radio *s t*; en la intersección de ambos arcos estará el cuarto vértice de la *planta por lecho* según Aranda. Y decimos según Aranda, porque aunque los radios de los arcos que lo determinan sean correctos, no lo es la posición del punto *o*; por tanto el cuarto vértice estará ligeramente distanciado del plano *D*, que en realidad no debe abandonar porque es un plano perpendicular a la charnela del abatimiento.

A continuación se emprende la construcción de las *plantas por cara*. Como en otras ocasiones, Aranda sólo nos muestra la construcción de la planta correspondiente a un salmer, dejando sin explicar la construcción de las plantas que corresponden al resto de las dovelas, más complejas.

La del salmer se construye abatiendo con charnela en la jamba 4; el abatimiento de 5 se mantendrá en un plano perpendicular a 4 que pase por su proyección 2; pero Aranda, en lugar de tomar directamente 2 en la intersección de la vertical de 5 y *B* nos dice que *tomarás el largo de la cara por lecho F y este tamaño echarás desde el punto 1 al punto 2*. El lado de la *planta por lecho* que hay que tomar es el *i h*, correspondiente a la *cara* o superficie de intradós; por tanto el punto 2 estará, según Aranda, a una distancia *i h* de 1, pero con esto no queda determinado y necesitaremos otra condición para su construcción que Aranda no nos da; hemos de suponer que ha de estar sobre el *plomo* que baja de 5, como en *trazas* similares.

Lo que sí está claro es lo que sigue; situado 2, se traza una línea 3 perpendicular a 4 que pasa por 2; el punto 8 abatido del 5 estará sobre ella y a una distancia de 7 que podemos tomar del alzado, pues es igual a 5 6. El cuarto vértice, 9, distará de 10 en una magnitud que podemos tomar del

mismo modo del alzado como igual a 10 11, y estará a una distancia de 8 igual a la longitud del segmento 5 11, que podemos tomar de la *planta por lecho* pues esta vez sí es igual a *i h*; con ello tenemos situado el cuarto vértice 9, que podemos construir trazando arcos con radio 10 11 desde 10 y con radio *i h* desde 8 y tomando su intersección.

Con esto tenemos construida la *planta por cara* de la primera dovela, y no queda más que construir el arco del lado 7 3 correspondiente a la testa *cavada* tal como se hizo en las *plantas por lecho*; el resultado es ligerísimamente incorrecto a causa del error cometido al trazar la perpendicular a la charnela. Podría haber empleado para el salmer la construcción más sencilla del *Arco por esquina contra viaje por lado*, que le hubiera ofrecido cuatro lados y una diagonal exactos y otra diagonal solo ligeramente falseada, pues en estos arcos abocinados en paramentos curvos el alabeo de la superficie de intradós es en general poco perceptible.

A renglón seguido Aranda nos dice que *de esta manera se han de sacar todas las demas plantas por caras* sin tener en cuenta que la construcción nunca será exactamente idéntica puesto que la arista inferior de la *planta por cara* de la segunda y sucesivas dovelas no es horizontal, y no es tan sencillo el abatimiento con eje en ella. Todo parece indicar que Aranda está mezclando el procedimiento para obtener la primera dovela con el de la segunda y sucesivas; esto es lo que puede explicar la extraña construcción de tomar la longitud de *h i* y llevarla sobre una recta, quizá la vertical que pasa por 5 como si estuviéramos abatiendo con eje en D.

Al final de la traza aparece un comentario muy interesante:

dichas plantas por caras se han de plantar tiniendo labradas las caras de las piezas a regla y borneo y después se han de afondar las dovelas en las dichas caras con las circunferencias de los arcos plantando cada una por la testa que le conviniere

Es decir, que la labra de la pieza comenzaría desbastando una cara plana sobre la cual se aplicarían las *plantas por caras* marcando con un trazador o con almagre su contorno;⁴³⁴ después se desbastarían las caras de testa de las dovelas, aplicando sobre cada una de ellas una plantilla tomada de su testa; estas plantillas nos darán la concavidad de la cara de intradós y podremos *afondar las dovelas*, es decir, ir quitando material en la cara de intradós con ayuda de la escoda hasta ir materializando la superficie de intradós, cónica en este caso. Como la superficie pseudocónica que forma el intradós es una reglada, no debía ofrecer dificultades el comprobar con una regla la

⁴³⁴ V. p. 139 del Tomo I.

precisión del resultado apoyándose en los dos arcos que se habían marcado con la ayuda de las plantillas de testa.⁴³⁵

En cualquier caso, este pasaje confirma dos hipótesis que se habían mantenido anteriormente: que las plantillas a que se refiere Martínez de Aranda son rígidas y que lo que le interesa no es el desarrollo de la cara de intradós, sino la proyección de sus lados sobre el plano de la pieza desbastada *a regla y borneo* sobre el que se va a colocar la planta como paso previo a la labra definitiva de la cara de intradós.⁴³⁶

Encontramos la misma traza en las *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, con una construcción muy similar, hasta el punto de repetir la práctica de Aranda de tomar verdaderas magnitudes en la testa que después se proyecta sobre el paramento curvo.⁴³⁷ Esto nos ofrece una prueba de la nula evolución de la cantería española durante los siglos XVII y XVIII; se repiten errores que Aranda ya estaba comenzando a superar, y los únicos avances dignos de mención se dan por la influencia francesa en el Padre Tosca y ya en el siglo XIX, en Benito Bails.

Arco en torre cavada abocinado en viaje por cara y por testa

Para trazar este dicho arco abocinado en torre cavada viaje por cara y por testa le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve para el lado cavado de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** que sirve para el lado angosto de la planta **D** y la circunferencia **E** sirve de juzgo para sacar las plantas por lechos las cuales dichas plantas por lechos y por caras se han de sacar con el juzgo de las líneas en blanco que salieren en ángulo recto de las juntas que atraviesan la planta en viaje conforme se sacaron en el arco abocinado en torre cavada a 103⁴³⁸ planas de este libro y a las dichas plantas por lechos y por caras les extenderás las testas que miraren hacia la vuelta cavada conforme se extendieron en el arco

⁴³⁵ V. p. 197 del Tomo I. Cf. Abraham BOSSE, *La pratique du trait a preuves de sieur Desargues pour la coupe des pierres*, p. 31: «les principales faces des pierres de voutes de la *premiere* espece [es decir, de lechos e intradoses planos] qui sont leurs lits & leurs doeles, se *peuvent* faire tous & toujours par des *paneaux plats*, en creusant la doele en apres».

⁴³⁶ V. p. 242 y ss. del Tomo I.

⁴³⁷ Juan GARCÍA BERRUGUILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, Madrid, Francisco Mojados, 1747, pp. 105-106. Cf. con la solución contemporánea y mucho más evolucionada de Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. III, p. 103, bajo el significativo nombre de «Canoniere, ou trompe en tour creuse».

⁴³⁸ En el manuscrito del Servicio Histórico Militar se lee 13, pero es un error evidente por 103.

en torre cavada contra cuadrado a 24 planas de este libro y las plantas por caras se han de plantar estando las caras a regla y borneo y después se cavarán las dovelas

Este «corte» se relaciona con el *Arco abocinado en torre cavada*;⁴³⁹ como en él, se trata de abrir un arco abocinado en una masa de fábrica con un paramento curvo y otro plano, pero esta vez el eje del cono de intradós y el cilindro del paramento se cruzan y no se cortan [165]. Del mismo modo que las dos *trazas* anteriores, su ubicación en el manuscrito es extraña; hay que pensar bien en un olvido o una duda del copista subsanada más adelante, puesto que el manuscrito del Servicio Histórico Militar no presenta signos de alteración.

La construcción se inicia trazando tanto el arco de medio punto A que se ha de proyectar sobre el paramento convexo como el C, que forma la testa plana, con sus respectivos trasdoses. Para facilitar las operaciones de construcción se levanta un *juzgo* o construcción auxiliar E, pero que no es una proyección ortogonal de C como en la traza anterior, sino que se obtiene por una traslación de E a lo largo de la línea que une los centros de E y A como ya se hacía en el *Arco abocinado viaje por cara*;⁴⁴⁰ aunque la construcción resulte extraña, es muy práctica ya que permite repartir el dovelaje con facilidad; estamos por tanto frente a la singular construcción de un alzado obtenido por proyección oblicua, el que forman A y E.

Para obtener las *plantas por lecho* el manuscrito nos remite al *Arco abocinado en torre cavada* sin más explicaciones, pero ya desde el primer momento hay una diferencia significativa, pues hemos de abatir con eje no en una recta de punta, sino en una recta horizontal que pasa por el vértice inferior y por su imagen en la proyección oblicua, tal como se hacía en el *Arco abocinado viaje por cara*.⁴⁴¹ El vértice inferior de la *planta por lecho* no se moverá en el abatimiento, pero los otros tres vértices sí lo harán, aunque siempre dentro de un plano perpendicular al eje del abatimiento; para hallar la imagen del segundo vértice, trazaremos una recta perpendicular al eje del abatimiento que pasa por su proyección en planta y tomaremos del alzado A la distancia entre el vértice y la charnela con ayuda del *juzgo* E para llevarlo sobre la recta perpendicular a la charnela desde la proyección

⁴³⁹ V. p. 240.

⁴⁴⁰ V. p. 118.

⁴⁴¹ V. p. 118.

en planta del primer vértice; con esto obtenemos el abatimiento del segundo vértice.

El problema es que en el *Arco abocinado en torre cavada* el alzado representaba correctamente la distancia entre la charnela y el segundo vértice, pues era perpendicular a la charnela, pero en este caso no lo es, y no representa en verdadera magnitud esa distancia. Parece que se están mezclando los procedimientos del *Arco abocinado en torre cavada* y del *Arco abocinado viaje por cara*, esto es, las técnicas de los «cortes» *en viaje por testa* y *en viaje por cara*;⁴⁴² pero probablemente esto importaba menos a Aranda que igualar las longitudes de las juntas de testa.

En efecto, podríamos situar de igual manera el tercer vértice, pero Aranda intenta hacerlo partiendo de su distancia al segundo; ahora bien, esa distancia no se puede obtener directamente del alzado como pretende, lo que le lleva a falsear la construcción; quizá esto responde a una voluntad deliberada de igualar las longitudes de las *tiranteces* y con ellas el grosor de la rosca del arco, como se discutía al tratar el *Arco abocinado en viaje por testa*.⁴⁴³ El cuarto vértice se puede localizar de un modo muy sencillo tomando su distancia al primero en el alzado C y llevándolo sobre una perpendicular a la charnela trazada por su proyección horizontal, pero Aranda en la *traza* anterior lo intentaba obtener a partir del tercero, con una construcción elaborada que es una excepción al principio de economía de los trazados por el que Aranda se rige casi siempre. Si es necesario, se puede trazar el lado de la *planta por lecho* correspondiente a la testa curva como un arco de círculo, construyendo su punto medio que se separará de la cuerda tanto como se separa la cuerda de su proyección en planta del arco B, tal y como se hizo en el *Arco en torre redonda contra cuadrado*.⁴⁴⁴

En cuanto al trazado de las *plantas por cara*, es más sencillo construir la del salmer, donde se puede abatir con facilidad tomando como eje la imposta, que la segunda y sucesivas, donde no tenemos a mano una línea horizontal, pero el texto no menciona esta distinción. Para obtener la de la primera dovela, disponemos desde el principio de dos vértices, que son los dos extremos de la jamba; el tercer vértice se desplazará dentro de un plano perpendicular a la imposta que pase por su proyección en planta y podemos construirlo trazando una perpendicular a la jamba por dicho punto y

⁴⁴² V. p. 240 para el *Arco abocinado en torre cavada* y p. 118 para el *Arco abocinado viaje por cara*.

⁴⁴³ V. p. 118 y ss.

⁴⁴⁴ V. p. 87; también se discuten algunas implicaciones del procedimiento en el *Arco en torre cavada contra cuadrado*, p. 95.

Figura 165. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 106.

Arco en torre cavada abocinado en viaje por cara y por testa

tomando del alzado A su distancia al plano de impostas; trazando un arco con este radio y centro en el extremo de la jamba y hallando su intersección con la perpendicular a la imposta tendremos situado el tercer vértice. El cuarto vértice podemos también construirlo con facilidad pues podemos tomar de una *planta por lecho* su distancia al tercer vértice y del alzado su distancia al otro extremo de la jamba, situándolo así en la intersección de dos arcos trazados con centro en el primer y tercer vértice. Realizada así la construcción, contamos con una plantilla que representa en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara de intradós de la dovela y una diagonal, que nos puede servir para comprobar el resultado de la labra; en rigor no se puede emplear para labrar la pieza *por plantas* en sentido estricto, pero como el alabeo de la cara de intradós es casi imperceptible, no se cometerían grandes errores de hacerlo así.

Como decíamos antes, no se puede abordar la construcción de la segunda y sucesivas dovelas exactamente por el mismo sistema, pues la arista inferior de la *planta por cara* no es horizontal como lo era en el salmer. Aranda no expone con detalle el método empleado, pero se puede observar claramente en el dibujo que la junta de intradós correspondiente a la segunda *planta por cara* es ligeramente más larga que su proyección horizontal. Probablemente Aranda usa aquí una construcción empleada en otras ocasiones, que consiste en trazar un arco con radio igual a la longitud de la junta de intradós con centro en la proyección de un extremo de la junta de intradós e intersectar el *plomo* que pasa por la proyección del otro extremo, con lo que tiene trazada la junta de intradós inferior; en repetir la construcción para la otra junta de intradós; y a partir de ese punto, continuar con la construcción del salmer.⁴⁴⁵

Esta *traza*, como otras de Aranda, puede parecernos rebuscada, sin aplicación práctica; pero existen dos ejemplares de gran interés en la catedral de Granada.⁴⁴⁶ La rotonda del presbiterio se abre a la girola por medio de una arcada ultrasemicircular compuesta de siete huecos abocinados [166]; en la *traza* anterior nos hemos referido a los cinco

⁴⁴⁵ Para comprobar esto, se ha reproducido la construcción sobre una copia del dibujo de la plana 106 del manuscrito del Servicio Histórico Militar. El resultado ha sido que la pequeña separación entre la junta de intradós de la *planta por cara* y su proyección, de aproximadamente 1 mm en el manuscrito, es en realidad mayor que la que arroja la construcción exacta. Posiblemente el autor de los dibujos exageró la separación por razones didácticas, pues una distancia menor no hubiera sido perceptible.

⁴⁴⁶ Manuel GOMEZ-MORENO, *Diego Siloé. Homenaje en el IV centenario de su muerte*, Universidad de Granada, 1963, p. 32; Earl E. ROSENTHAL, *The Cathedral of Granada*. p. 91-92 de la trad. española; Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, p. 395; Carlos SARTHOU CARRERES, y Pedro Navascués Palacio, *Catedrales de España*, Madrid, Espasa-Calpe, 1998, p. 133.

centrales, simétricos, que van girando radialmente de manera que cada arco y cada tramo de deambulatorio comparten un eje que pasa por el centro de la rotonda. Precisamente por ser la arquería de planta ultrasemicircular, cosa que es esencial para conseguir el efecto de lugar acotado que caracteriza al presbiterio,⁴⁴⁷ el tramo de girola correspondiente a los dos arcos extremos debería girar más allá del diámetro de la rotonda, pero de hacerlo sería muy difícil resolver su acuerdo con la nave. Siloé resuelve el problema con un inteligente compromiso: el eje del arco mira al centro de la girola, mientras que el del último tramo del deambulatorio sigue la geometría de la nave; no quiere esto decir que arco y tramo se den la espalda, pues sus ejes intersectan en la testa del arco, esto es, en el plano de separación entre uno y otro. Así, todas las contradicciones geométricas que provoca la yuxtaposición de la rotonda centralizada y la nave longitudinal se concentran en unos pocos puntos, los machones que sirven de jambas al arco de triunfo del presbiterio y sobre todo, las testas de los dos arcos extremos de la arcada, que son paralelas al eje de la nave y por tanto oblicuas al del arco.

Tenemos así planteado el problema que Aranda resuelve en esta *traza*. Siloé lo abordó en su día mediante un procedimiento tardogótico como es el de los *cruceros* descritos por Vandelvira. Los muy romanos casetones del arco⁴⁴⁸ se levantan por separado, dando forma a la pieza al modo de nervios góticos, y sobre ellos se dispone una plementería que termina de cerrarlo. Por supuesto, no es de extrañar que Aranda, que en sus primeras obras había renunciado a esta solución en favor de otra en la que los nervios se aparejan conjuntamente con el cuerpo de la bóveda y el despiece constructivo se traza con independencia de la decoración,⁴⁴⁹ siga el mismo camino en los *Cerramientos*; encontramos así otra prueba de la rápida evolución de la cantería hispánica del Renacimiento.

⁴⁴⁷ V. Carl JUSTI, *Miscellaneen aus drei Jahrhunderten spanischen Kunstlebens*, Berlín, G. Grote, 1908 (Trad. esp. de Eduardo Ovejero, *Estudios sobre Arte Español*, Madrid, La España Moderna, s. f.)

⁴⁴⁸ Earl E. ROSENTHAL, *Diego Siloé Arquitecto de la Catedral de Granada*, Granada, Universidad de Granada, 1966, p. 14: según Lázaro de Velasco, el modelo de estos pasos eran los arcos triunfales antiguos. V. la exposición de Lázaro de Velasco en la oposición a maestro mayor de la catedral de Granada, de 18 de Mayo de 1577, transcrita en Earl E. ROSENTHAL, *The Cathedral of Granada*, p. 226 de la trad. española: «Las capillas de la nave mayor se cerraran [...] en buelta de horno con sus compartimientos al romano la cruzería de piedra e los cascos de ladrillo por el horden que estan cerradas y hechas las capillas de el traschoro y la capilla mayor».

⁴⁴⁹ V. p. 22 y ss. del Tomo I.

Figura 166. Rotonda y deambulatorio de la catedral de Granada.

Figura 167. Amedée-Louis Frézier, *Traité de stéréotomie*, t. I, lám. 6.

Figura 168. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 107.

Figura 169. Amedée-Louis Frézier, *Traité de stéréotomie*, t. I, lám. 6.

Arco abocinado en torre redonda

Para trazar este dicho arco en torre redonda abocinado le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve para el lado que hace torre redonda en la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** que sirve de testa para el lado de la planta **D** y la circunferencia **E** sirve de juzgo para sacar las plantas por lechos las cuales dichas plantas por lechos y por caras las sacarás con el juzgo de las líneas en blanco que salieren en ángulo recto de las juntas que atraviesan la planta conforme se sacaron en el arco abocinado en torre cavada a **103** planas de este libro y a las dichas plantas les extenderás las testa que miraren al lado de la planta **B** conforme se extendieron en el arco en torre redonda contra cuadrado a **19** planas de este libro

Este «corte» se relaciona con el *Arco abocinado en torre cavada*;⁴⁵⁰ como en él, se trata de abrir un arco abocinado en una masa de fábrica con un paramento curvo y otro plano, de forma que el eje del cono de intradós y el cilindro del paramento se cortan; la única diferencia es que el paramento curvo es convexo y no cóncavo [168]. Del mismo modo que las dos *trazas* anteriores, su ubicación en el manuscrito es extraña; se puede pensar bien en un olvido de Aranda o que el manuscrito fue desmontado y vuelto a montar cambiando el orden de los «cortes», aunque ninguna de las dos soluciones puede demostrarse de forma concluyente.

Se trata de uno de los arcos típicos del románico, pues se abre con mucha frecuencia en los ábsides de las iglesias, y el fuerte abocinamiento hace que la cara interior sea de luz muy reducida y se asimile a un plano. Se podrían citar multitud de ejemplos, desde el sencillísimo de Santa Cruz de Baeza, que Aranda debió de conocer en su juventud, a los espectaculares conjuntos de Moreruela o San Martín de Frómista.⁴⁵¹ Entre los textos de la cantería lo encontramos, una vez más, en Juan de Portor y Castro [170].⁴⁵²

La construcción se inicia trazando tanto el arco de medio punto **A** que se ha de proyectar sobre el paramento convexo como el **C**, que forma la

⁴⁵⁰ V. p. 240.

⁴⁵¹ Joaquín YARZA, *Arte y arquitectura en España 500-1250*, pp. 195-197, 335-337; Miguel Ángel GARCÍA GUINEA, *El arte románico en Palencia*, Palencia, Diputación, 1961 (5ª ed. 1997, pp. 91-92, lám 41 y 42); Lázaro GILA MEDINA, *Arquitectura religiosa de la Baja Edad Media en Baeza y Úbeda*, Granada, Universidad, 1994, p. 60.

⁴⁵² Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708 (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114)

testa plana, con sus respectivos trasdoses. Para facilitar las operaciones de construcción se levanta un *juzgo* o construcción auxiliar E, proyección de C en el plano de A; el reparto del dovelaje no presenta ningún rasgo especial, pues se hace mediante un haz de planos de canto con eje en el común de A, C y la superficie de intradós y que divide en partes iguales tanto A como C.

Para obtener las *plantas por lecho* el manuscrito nos remite al *Arco abocinado en torre cavada* sin más explicaciones; abatiremos con eje en la recta de punta que pasa por el vértice inferior de una cara de lecho; éste no se desplazará en el abatimiento, pero los otros tres vértices de la *planta* sí lo harán, aunque manteniéndose dentro de un plano perpendicular al eje del abatimiento; para hallar el punto abatido del segundo vértice, construiremos una recta perpendicular a la charnela que pasa por su proyección horizontal y tomaremos del alzado A la distancia entre el segundo vértice y la charnela apoyándonos en el *juzgo* E para llevarlo sobre la recta perpendicular a la charnela desde su intersección con el eje del abatimiento; obtendremos así el punto abatido del segundo vértice. De igual manera podríamos construir el tercer vértice, pero Aranda intenta situarlo basándose en su distancia al segundo, obtenida del alzado. A nuestros ojos, esta construcción es errónea porque los dos puntos no están en el mismo plano; pero Aranda la emplea probablemente de forma deliberada, con objeto de igualar las longitudes de las juntas de testa.⁴⁵³ El cuarto vértice se podría obtener fácilmente midiendo su distancia al primero en C y llevándolo sobre D, dado que su abatimiento no se ha de mover de este plano, pero Aranda en la *traza* anterior lo construía a partir del tercer vértice, con una construcción elaborada que contradice el principio de economía de los trazados. Si se considera necesario, se puede trazar el lado de la *planta por lecho* correspondiente a la testa *redonda* como un arco de círculo, construyendo su punto medio que distará de la cuerda tanto como dista la cuerda de la proyección en planta del arco B del propio arco, y uniendo los tres puntos por la técnica de los «trois points perdus» tal como se hizo en el *Arco en torre redonda contra cuadrado*.⁴⁵⁴

En cuanto al trazado de las *plantas por cara*, es más sencillo construir la de la primera dovela, donde se puede abatir con facilidad tomando como charnela la jamba, que la segunda y sucesivas, donde no contamos con una línea horizontal tan a propósito, pero el texto no refleja la diferencia. Para

⁴⁵³ V. p. 113 y ss.

⁴⁵⁴ V. p. 87; también se discuten algunas implicaciones del procedimiento en el *Arco en torre cavada contra cuadrado*, p. 95. Para los «trois points perdus», v. pp. 153 y ss. del Tomo I.

*Haus More Udono. Contra Cuadrado y planas 6^a
Bozina do 7*

Figura 170. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de arquitectura, f. 8.

Arco abocinado en torre redonda

obtener la *planta* del salmer, tenemos desde el primer momento dos vértices, que son los dos extremos de la jamba; el extremo de la junta de intradós superior correspondiente a la testa plana se moverá dentro de un plano perpendicular a la jamba que pase por su proyección en planta y podemos obtenerlo trazando una perpendicular a la jamba por la proyección en planta de este vértice y tomando del alzado **A** su distancia al plano de impostas; a continuación trazaremos un arco con este radio y centro en el extremo de la jamba y hallando su intersección con la perpendicular a la jamba tendremos situado el tercer vértice. El cuarto vértice podemos también construirlo de manera sencilla tomando de la *planta por lecho* correspondiente su distancia al tercer vértice y de **A** su distancia al otro extremo de la jamba, situándolo así en la intersección de dos arcos trazados con centro en el primer y tercer vértice. Obtenemos así una plantilla de intradós que representa en verdadera magnitud los cuatro lados de la *cara* de la dovela y una de sus diagonales, pero falsea inevitablemente la otra diagonal; puede ser empleada para comprobar el resultado de la labra haciéndola «bailar» sobre la diagonal; teóricamente no se podría emplear en una verdadera *labra por plantas*, pero el alabeo de la *cara* es muy reducido y el error cometido al emplear la plantilla como representación de la cara de intradós sería imperceptible en la práctica.

Como decimos, no se puede resolver la construcción de las plantillas correspondientes a las segundas y sucesivas dovelas exactamente del mismo modo, pues en éstas la arista inferior de la *planta por cara* no es horizontal como lo era en la primera. Aranda no expone con claridad un procedimiento diferenciado,⁴⁵⁵ pero en el dibujo se puede apreciar que la *planta* de la clave se separa apreciablemente de la testa **B**, lo que hace pensar que Aranda la obtiene abatiendo alrededor de **D** como se hacía en el *Arco abocinado*.⁴⁵⁶

Arco en torre redonda abocinado en viaje por cara y por testa

Para trazar este dicho arco abocinado en torre redonda en viaje por cara y por testa le formarás el arco **A** en semicírculo que sirve para el lado Redondo de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** que sirve de testa para el lado angosto de la planta **D** y la circunferencia **E** sirve de juzgo para sacar las plantas por lechos las cuales dichas plantas por

⁴⁵⁵ V. ante todo pp. 67 y 128.

lechos y por caras las sacarás con las líneas en blanco que salieren en ángulo recto de las juntas en viaje que atraviesan la planta conforme se sacaron en el arco abocinado en torre cavada a 103 planas de este libro y a las dichas plantas les extenderás las testas que miraren al lado de la planta B conforme se extendieron en el arco en torre redonda contra cuadrado a 19 planas de este libro

Este arco es similar al anterior, pero los dos semicírculos de testa no sólo son de distinto diámetro sino de también de distinto eje; ninguno de ambos ejes se corta con el eje del cilindro de la testa convexa [171]; de ahí que el arco sea *en viaje por cara y por testa*; se relaciona por lo tanto con el *Arco en torre cavada abocinado en viaje por cara y por testa*⁴⁵⁷ con la única diferencia de que el paramento curvo es convexo y no cóncavo. Como en las tres *trazas* que lo preceden, su colocación en la copia del Servicio Histórico Militar resulta extraña, pues lo lógico sería que figurase más al principio, inmediatamente después de los arcos abocinados; la explicación más verosímil para esta anomalía es un lapsus subsanado cuando Aranda estaba a punto de terminar la primera parte del manuscrito, puesto que se puede descartar un trastrueque de las hojas en el ejemplar que conocemos.

La *traza* da comienzo construyendo el arco de medio punto A que se ha de proyectar sobre el paramento convexo y el C, que forma la testa plana. Con objeto de facilitar la construcción Aranda propone que se levante el juzgo E, imagen de C en el plano de A; pero no obtenido por una proyección ortogonal como en otros casos, sino por una traslación de E a lo largo de la línea que une los centros de E y A como también se hacía en el *Arco abocinado viaje por cara*; aunque la construcción sorprenda, tiene su sentido ya que el dovelaje se reparte mediante un haz de planos que no son planos de canto sino que tienen por eje la línea horizontal oblicua que une los centros de A y C y que dividen en partes iguales tanto a A como a C; tenemos por lo tanto como en el *Arco abocinado viaje por cara* y el *Arco en torre cavada abocinado en viaje por cara y por testa* la rareza de un alzado obtenido por proyección oblicua.⁴⁵⁸

Para obtener las plantas por lecho Aranda nos remite al *Arco abocinado en torre cavada*. Abatiremos con eje en una recta horizontal que pasa por el vértice inferior y su proyección oblicua en la otra testa; el vértice inferior no

⁴⁵⁶ V. p. 109.

⁴⁵⁷ V. p. 248.

⁴⁵⁸ V. p. 183 y ss. del Tomo I.

Figura 171. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 109.

Arco en torre redonda abocinado en viaje por cara y por testa

se moverá, pero los otros tres sí lo harán, aunque siempre dentro de un plano perpendicular a la charnela; para hallar el abatimiento del segundo vértice, construiremos una perpendicular a la charnela que pasa por su proyección en planta y tomaremos de los arcos A y E la distancia entre la charnela y el segundo vértice, que llevaremos desde la charnela paralelamente al plano de A, obteniendo así el abatimiento del segundo vértice.

En el *Arco abocinado en torre cavada*, Aranda intentaba situar el tercer vértice basándose en su distancia al segundo, pero esa distancia no se puede tomar directamente del alzado, lo que le llevaba a cometer un error; una solución sencilla hubiera sido obtenerlo del modo en que se obtuvo el segundo. La construcción es incorrecta a nuestro ojos porque la charnela no es perpendicular al plano del alzado y por tanto éste no representa en verdadera magnitud la distancia de la charnela al segundo vértice, pero esto puede deberse a un deseo de igualar las *tiranteces* como se hacía en el *Arco en torre redonda contra cuadrado* por otros medios.⁴⁵⁹ El cuarto vértice se puede obtener repitiendo la misma construcción en la testa D, aunque Aranda lo obtenía basándose en su distancia al tercero, lo que le llevaba a una construcción bastante laboriosa.

En las *plantas por cara*, Aranda también nos remite al *Arco abocinado en torre cavada*. Es relativamente sencilla la del salmer, que se puede construir abatiendo con eje en la jamba; pero para la segunda y sucesivas es necesario un procedimiento más complejo dado que no contamos con una línea horizontal, pero Aranda no distingue en el texto entre una construcción y otra.

Para trazar la del salmer, tenemos como dato dos vértices, que serán los extremos de la jamba; el tercero se moverá dentro de un plano perpendicular al eje del abatimiento y podemos construirlo trazando una perpendicular a la charnela por su proyección horizontal y tomando del alzado A su distancia al segundo vértice; trazando un arco con esta distancia como radio y centro en dicho segundo vértice y hallando su intersección con la recta perpendicular a la charnela tendremos situado el tercero. El cuarto vértice podemos también construirlo de un modo sencillo pues podemos tomar de la *planta por lecho* su distancia al tercero y del alzado C la que lo separa del primer vértice, situándolo en la intersección de dos arcos trazados con centro en el primer y tercer vértice. Si el tamaño de la

⁴⁵⁹ V. p. 87.

pieza lo exige, podemos construir las testas curvas de las *plantas por cara* e incluso las *por lecho* obteniendo su punto medio que se separará de su cuerda tanto como se separa la cuerda de su proyección horizontal del arco **B**, y trazando el arco de círculo que pasa por sus extremos y el punto medio. Como en todas estas piezas, el ligero alabeo del intradós hace que la construcción sea inexacta, pero la plantilla representa en verdadera magnitud la longitud de los cuatro lados de la cara de intradós y una diagonal.

Corredor volado sin columnas formado de arcos por arista por robos

Para trazar este dicho corredor volado le formarás la pared del claustro que es la línea de la planta **A** y asimismo formarás el vuelo y salida del corredor que es la línea de la planta **B** y esta dicha salida será la mitad de cualquiera de los arcos **C** fuera de la clave y a estos dichos arcos los repartirás en las hiladas que te pareciere y estas dichas hiladas bajarás a la dicha planta que toquen en las líneas en blanco **D** que sirven de aristas y de unas líneas a otras tirarás los despojos que causaren los avanzamientos de las dichas hiladas eceto la clave que ha de llegar a hacer testa en la salida del corredor **B** como parece por planta en la parte **E** y por testa en la parte **F** y han de ser robadas las hiladas de estos dichos arcos con los robos que parecen en los cuadrados de los bolsos del arco **G** y para que estas dichas hiladas sean fuertes después de robadas han de quedar las piezas por las juntas con la forma que tuvieren las plantas en la parte **H**

Aranda cierra la primera parte de su manuscrito, dedicada a *arcos dificultosos* con dos agrupaciones de ellos o *corredores*. Puede hablarse incluso de agrupaciones de segundo grado pues varios arcos pueden unirse en un *corredor* y a su vez dos o más *corredores* pueden formar varias de las pandas de un patio. La temática se relaciona con los «patios sin columnas» de Vandelvira [174] y su modelo sevillano, el patio catedralicio del Cabildo.⁴⁶⁰ Pero si Vandelvira expone estas soluciones típicamente españolas, Aranda busca soluciones diferentes basadas en agrupaciones de

⁴⁶⁰ José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*, p. 261; Fernando MARÍAS, «Materiales y técnicas: viejos fundamentos para las categorías arquitectónicas del Quinientos», en *Primer*

Figura 172. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 110.

Corredor volado sin columnas formado de arcos por arista por robos

arcos, que se acercan a lo francés; expondrá dos casos relacionados, el general basado en la agrupación de arcos *avanzados*, es decir, el resultado de la intersección de dos cilindros de radios diferentes y el particular y más simple de los arcos *por arista*, que se da cuando los dos cilindros son de radios iguales.⁴⁶¹

Así pues, aquí Aranda expondrá cómo agrupar *Arcos por arista*, resolviendo tanto el encuentro entre dos arcos contiguos en la misma panda - agrupación de primer grado - como el encuentro en ángulo de dos arcos de dos pandas contiguas del mismo patio - agrupación de segundo grado [172]. Para ello, comienza trazando el contorno del patio **A** y una línea **B** paralela a él, que representa la proyección en planta del vuelo del patio. Sobre la línea **A** distribuirá los arcos y las columnas o ménsulas que los soportan, trazando desde ellos líneas **D** a cuarenta y cinco grados que representan las *aristas* que separan los lunetos de la bóveda. A continuación trazará los arcos **F** y repartirá su dovelaje en partes iguales, aunque dice con agudeza *a estos dichos arcos los repartirás en las hiladas que te pareciere*, pues prolonga la proyección en planta de las dovelas hasta encontrar las líneas que representan las *aristas*, y a partir de ese punto las dovelas de los lunetos cambian de dirección para convertirse en las hiladas de las bóvedas; excepto la clave, que asoma por la testa de una forma extraña.

Aparece aquí lo que Pérouse de Montclos llama «pénétration filée», es decir, la unión entre dos bóvedas cilíndricas de forma que exista continuidad entre las hiladas de una y otra, opuesta a la «pénétration extradossée» que emplea Aranda en el *Arco avanzado en bóveda*⁴⁶² y otros de su familia, y que se resuelve haciendo aparecer la sección de una bóveda en el paramento de otra con forma de arco. Esto no es sorprendente, pues la «pénétration filée» había aparecido en la práctica constructiva hispánica en la bóveda del zaguán occidental del Palacio de Carlos V en Granada a finales del siglo XVI, como vimos al comentar el *Arco avanzado en bóveda*; lo que es de extrañar es que Aranda no la emplea en esa *traza* y sí en esta.

Trazado así el corredor, la labra se realiza por la variante más elemental de la labra *por robos*, pues se trata simplemente de inscribir las dovelas de **F** en rectángulos que definen el sólido capaz que hemos de desbastar para

Congreso de Historia del Arte valenciano, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, p. 267; Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, p. 43.

⁴⁶¹ V. Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie* t. I, p. 76-77; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture à la française*, p. 113.

⁴⁶² V. p. 142.

después labrar en fino quitando dos cuñas, una por el trasdós y otra por el intradós. La continuidad entre dovelas e hiladas sólo se da superficialmente, pues para trabar mejor la fábrica, Aranda recomienda disponer las dovelas en engatillado, tal como se hace en ejemplos contemporáneos como los puentes de acceso a El Escorial.⁴⁶³

Corredor volado sin columnas formado de arcos avanzados

Para formar este dicho corredor volado formarás la pared del claustro como parece en la línea **A** y asimismo formarás la salida del corredor que es la línea **B** y sobre los Reprisiones que parecen en la planta señalados con la **C** formarás los arcos avanzados **D** los cuales dichos arcos se han de avanzar como parece en la figura **E** y les sacarás sus plantas por caras y por lechos como se hizo en el arco avanzado en bóveda a 48 planas de este libro de manera que vienen avanzar los dichos arcos en la planta lo que parece en la parte **F** y lo que avanzan las testas de los dichos arcos es lo que parece en la planta señalado con la **G** y el avanzamiento de las enjutas que hicieren las hiladas en la parte **H** se formaran como parece en la figura **I** y los avanzamientos de las dichas enjutas causarán los despojos que parecen en la parte **L** y si quisieres hacer las piezas de estas dichas enjutas por planta en las juntas las formarás como parece en la figura **M** y las distancias que hubiere entre un arco y otro de los que llegaren a los rincones les entraras los bolsos en cuadrado en la circunferencia del avanzamiento como parece en la figura **N** y los robarás conforme se hiciere en la capilla cuadrada por rincón a planas de este libro

Si en la *traza* anterior Aranda estudiaba la agrupación de arcos *por arista* en ésta aborda la de arcos *avanzados en bóveda*;⁴⁶⁴ la agrupación está formada por una serie de bóvedas en pescante en las que se abren los *arcos avanzados* [173]. Como en el caso anterior se expone no sólo la agrupación lineal de arcos para formar un *corredor* y los problemas del encuentro de dos arcos en el mismo plano, sino también la agrupación de dos *corredores*

⁴⁶³ V. Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, p. 123; Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Los puentes del Escorial», *Archivo Español de Arte*, pp. 101, 106; Fernando MARÍAS y Agustín BUSTAMANTE, «Apuntes arquitectónicos madrileños de hacia 1660», *Archivo Español de Arte*, 1985, p. 39.

⁴⁶⁴ V. p. 140.

Figura 173. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 112.

Figura 174. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 108 v.

para formar algunas o todas las pandas de un patio o claustro, construyendo el encuentro en ángulo de dos arcos de pandas contiguas.

La solución guarda una similitud sorprendente con la bóveda en pescante de la iglesia abacial de La Mota de Alcalá la Real, construida con trazas de Ambrosio de Vico y dirección de Aranda y Miguel de Bolívar algo antes de 1599, hasta el punto de que en una y otra los arcos apoyan sobre ménsulas o *reprisones*. Que esta bóveda singular encuentre su correlato en una traza no menos singular de los *Cerramientos* viene a confirmar la autenticidad de la copia del Servicio Histórico Militar.⁴⁶⁵ Pero en los tres lados de los pies, de la Epístola y del Evangelio de la bóveda de Alcalá, realizados bajo la dirección de Aranda y Bolívar se resuelven con lo que en los documentos del Panteón escorialense se denomina «lunetos capialzados apuntados» de derivación gótica,⁴⁶⁶ mientras que el de la cabecera se construye algo después de 1620 por Luis González, yerno de Aranda, con trazas de su suegro o de Ambrosio de Vico empleando lunetos de cuarto grado. Al escribir los *Cerramientos* algunos años después de la construcción de los tres primeros lados de la bóveda, Aranda replantea el problema con un rigor geométrico por encima de lo habitual en su época. Si dos bóvedas de cañón de igual radio se cruzan, tenemos una bóveda por arista puesto que la intersección de ambos cilindros viene dada por dos elipses situadas en planos verticales, o si se quiere un luneto apuntado, **pero no capialzado**; es la solución que se expone en la *traza* anterior. Si por el contrario las que se encuentran son dos bóvedas de radios diferentes, tendremos dos curvas de cuarto grado que no se cruzan, el luneto vendrá dado por una sola de estas curvas y no será apuntado; tenemos este *Corredor volado sin columnas formado de arcos avanzados*.

Se da comienzo trazando la línea A que representa *la pared del claustrio* en el que vamos a levantar este *corredor*, un tanto retrasada de la línea de impostas de la bóveda y los arcos, pues éstos apoyan en *reprisones*, es decir, ménsulas como las que empleó Aranda no sólo en La Mota, sino en San Pedro de Castillo de Locubín, Santa Ana y San Juan de Alcalá la Real y la catedral vieja de Cádiz; la línea A dista de las impostas el ancho de los *reprisones*. Se trazará también el vuelo del *corredor* representado por la línea B y que en el dibujo es igual al vuelo de la bóveda a la altura de las claves de los arcos.

⁴⁶⁵ V. p. 91 y ss del Tomo I.

⁴⁶⁶ V. Juan José MARTÍN GONZÁLEZ, «El panteón de San Lorenzo del Escorial», *Archivo Español de Arte*, 1959, p. 202.

Si no conocemos previamente este vuelo podemos obtenerlo de una sección de la bóveda, que necesitamos trazar en todo caso en el paso siguiente, pues Aranda nos dice que *sacarás sus plantas por caras y por lechos como se hizo en el arco avanzado en bóveda*. Para ello, hemos de trazar el arco de circunferencia que representa la sección de la bóveda, E, y una línea vertical que corresponde al plomo de la línea de impostas, así como los alzados D de los arcos que forman el corredor, con sus trasdoses, repartiendo el dovelaje en partes iguales.

Aranda no representa las *plantas por cara* en su dibujo, probablemente por motivos de escala, pero podemos obtenerlas según el método descrito en el *Arco avanzado en bóveda*; para ello abatiremos con eje en la recta de punta que contiene la arista inferior de la dovela; esta arista no se transforma por el abatimiento, pero la superior sí, y se convierte en un segmento paralelo situado a una distancia del inferior que podemos tomar del alzado D. En este punto aparece la dificultad característica de los arcos *avanzados en bóveda*: los extremos de las aristas largas de las dovelas no están situados en la línea de impostas debido al vuelo de la bóveda. Podemos tomar su posición de la sección E; estarán separados de la línea vertical lo mismo que se separa la bóveda E del plomo de la línea de impostas a la altura de cada arista; efectuando esta construcción para las dos aristas de cada *planta por cara* tendremos definidos sus cuatro vértices. Del mismo modo podemos obtener las *plantas por lecho*.

Es curioso que Aranda no diga explícitamente en este *corredor* que se han de construir las testas curvas de las *plantas por caras y por lechos*, cuando lo repite en las demás figuras *en torre redonda o cavada y en bóveda* con machacona insistencia. Esto puede ser porque la sutileza de la construcción de las testas curvas facilita la labra con precisión de grandes arcos singulares pero no aporta ventajas apreciables en los arcos de un *corredor* que rara vez pasarán de los veinte pies.

Además de estas construcciones que explicó en el *Arco avanzado en bóveda*, Aranda expone aquí otra serie de trazados que facilitan la labra del *corredor*, especialmente de las enjutas, es decir, la parte del paramento de la bóveda que respetan los arcos. Podemos aprovechar la misma sección E para obtener la proyección en planta de los arcos; para ello, representaremos en planta las aristas largas de las juntas entre dovelas bajando verticales desde el alzado D y sobre ellas iremos llevando los vuelos que obtenemos de la sección E, correspondientes a las cotas de cada arista larga de las juntas entre dovelas; si repetimos esta operación para el intradós y el trasdós, tendremos la proyección en planta de la testa del arco. La

Corredor volado sin columnas formado de arcos avanzados

Figura 175. Alonso de Guardia, Manuscrito de arquitectura y cantería.

construcción es similar a la que expone De L'Orme en el *Premier Tome de l'Architecture* y Vandelvira al tratar del «Arco avanzado en cercha»;⁴⁶⁷ este maestro explica que este trazado se ha de realizar debajo de los arcos que se han de construir para comprobar el correcto asiento de las dovelas bajando plomos desde sus vértices, que han de situarse sobre los puntos correspondientes del trazado.

También podríamos utilizar la sección E para hallar la proyección en planta de las enjutas, pero Aranda prefiere construir una nueva sección I para este fin; si rompe aquí el principio de economía de los trazados es sin duda «por no entoscar la traza». Construirá en el alzado horizontales espaciadas regularmente H y las llevará a la sección I, donde determinará sus proyecciones horizontales o *despojos* L, que llevará a la planta. Evidentemente, la distribución lineal de las enjutas a alturas espaciadas regularmente es incompatible con una distribución radial que hubiera arrojado distancias iguales en el paramento de la bóveda; y en la solución adoptada por Aranda, los grosores de las hiladas medidos en la superficie de la bóveda se irán haciendo mayores conforme se vaya subiendo. Esto parece estar relacionado con la figura M, de interpretación difícil, donde parece que se de nuevo está proponiendo unas dovelas engatilladas como las de algunos puentes de los caminos que conducen a El Escorial.⁴⁶⁸

El último pasaje también es de difícil interpretación, porque Aranda nos remite a una *Capilla cuadrada por rincón* que debía figurar en la quinta parte del manuscrito, que no está incluida en la única copia de la que disponemos.⁴⁶⁹ Entre los textos de cantería más próximos a Aranda podemos descartar a Rojas, que no incluye *capillas*. En cambio, en Alonso de Guardia sí encontramos una «Capilla por arista», una «Capilla en ángulo por rincón» y una «Capilla por rincón» de planta cuadrada [175] que probablemente sea similar a la *traza* desaparecida de Aranda.⁴⁷⁰

En cualquier caso, el pasaje se refiere a las dovelas que resuelven la unión de segundo grado entre dos *corredores* que se encuentran en ángulo

⁴⁶⁷ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 79, 79 v.; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 23 r.; v. también p. 142 de este trabajo.

⁴⁶⁸ V. Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Los puentes del Escorial», *Archivo Español de Arte*, pp. 101, 106; Fernando MARÍAS y Agustín BUSTAMANTE, «Apuntes arquitectónicos madrileños de hacia 1660», *Archivo Español de Arte*, 1985, p. 39.

⁴⁶⁹ V. pp. 9 y ss., donde aparece y se discute la mención a las cinco partes del manuscrito.

⁴⁷⁰ Alonso de GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería* (Manuscrito c. 1600. Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori ...*, Libro II, Venecia, 1566, Biblioteca Nacional de Madrid, ER/4196).

recto. La labra se realizará por el método *por robos*, propiamente dicho, como la *capilla* de Alonso de Guardia, desbastando un prisma de base rectangular y dándole forma con ayuda de la proyección en planta que habremos obtenido al unir las proyecciones en planta de los dos *corredores* y de una proyección en alzado N en la que figura la envolvente de la dovela. Ahora bien, no está del todo claro si esta figura N es una tercera sección por un plano perpendicular a la *pared del claustrio* o una sección por el plano bisector de las dos paredes contiguas; en principio parece más probable lo primero, pues el texto habla de *la circunferencia del avanzamento*, lo que debería referirse a la ya trazada y no a una nueva, lo que concuerda con el «corte» de Alonso de Guardia.

Por otra parte, la referencia a la *Capilla quadrada por rincón* es de importancia capital, pues esta *traza* debería figurar en la quinta parte del manuscrito, dedicada a *capillas y ochavos*. Por tanto, proporciona una prueba indiscutible de que Aranda escribió las cinco partes del manuscrito, o al menos alcanzó un grado de elaboración muy avanzado, lo suficiente como para tener compuesto el índice y una idea muy clara de cómo iba a abordar cada «corte» incluso en sus detalles. Es de reseñar que en la plana 157 pasa algo parecido: el texto se refiere a una *difinition* de la tercera parte del manuscrito, que sí figura en la copia que conocemos, pues se trata de la *difinition* primera de la tercera parte, que comienza en la plana 219; pues bien, como el autor del manuscrito que ha llegado hasta nosotros no conocía en el momento de copiar el pasaje la plana exacta que iba a ocupar la *difinition*, dejó un espacio en blanco para rellenarlo posteriormente.

Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

«Cerramientos y trazas de montea» de Ginés Martínez de Aranda

Tesis Doctoral
José Calvo López
Arquitecto Superior
1999

*Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid*

«Cerramientos y trazas de montea» de Ginés Martínez de Aranda

*Tesis doctoral presentada por el Arquitecto Superior José Calvo López
bajo la dirección del Doctor Arquitecto Enrique Rabasa Díaz
1999*

Tomo III

TEXTO COMENTADO

CAPITALZADOS

CARACOLES

CONCLUSIONES

TRANSCRIPCIÓN LITERAL

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DEL TOMO III

TEXTO COMENTADO

SEGUNDA PARTE.....	5
Difinition primera muestra entrar bolsos en cuadrado y robarlos así por cuadrado como por circunferencia.....	9
Difinition segunda muestra extender línea concurriente y sacar saltarregla perpendicular	12
Difinition tercera muestra sacar arcos en segmento menor de círculo sobre una línea concurriente	12
Capialzado cuadrado a regla	13
Capialzado viaje por testa a regla.....	18
Capialzado viaje por testa a regla diferente del pasado	21
Capialzado viaje por cara a regla	24
Puerta cuadrada a regla.....	27
Puerta viaje por testa a regla.....	30
Puerta de arco contra capialzado a regla	32
Capialzado cuadrado a regla en torre redonda.....	34
Capialzado cuadrado a regla en torre redonda diferente del pasado	39
Capialzado viaje por testa en torre redonda a regla.....	42
Capialzado viaje por cara a regla en torre redonda.....	44
Puerta en torre cavada contra capialzado en torre redonda a regla	47
Capialzado cuadrado en torre cavada a regla	51
Capialzado en torre cavada viaje por testa a regla	55
Capialzado viaje por cara en torre cavada a regla	57
Puerta en torre redonda contra capialzado en torre cavada a regla	59
Capialzado desquijado cuadrado.....	62
Capialzado desquijado viaje por testa.....	70
Capialzado desquijado viaje por cara.....	74
Capialzado desquijado con sus despiezos	76
Capialzado abocinado en vuelta con sus despiezos	81
Capialzado abocinado en vuelta en torre redonda	87
Capialzado abocinado en vuelta en torre cavada.....	90
Capialzado de arco contra el dintel	94
Capialzado desquijado de arco contra dintel	97
Capialzado desquijado en cercha por la cara.....	99
Capialzado oval	101
Puerta cuadrada a regla contra capialzado cuadrado desquijado de arco.....	105
Puerta en viaje a regla contra capialzado desquijado viaje por testa.....	107
Puerta cuadrada de arco contra capialzado cuadrado desquijado de arco	110
Puerta de arco en viaje contra capialzado viaje por testa desquijado de arco.....	112
Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda	114
Capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre redonda	120
Capialzado viaje por cara desquijado de arco en torre redonda	123
Puerta en torre cavada contra capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda.....	126
Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre cavada.....	130
Capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre cavada.....	133
Capialzado en viaje por cara desquijado de arco en torre cavada.....	136

Puerta en torre redonda contra capialzado cuadrado desquijado de arco en torre cavada	138
Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa	141
Capialzado viaje por testa en vuelta de horno por testa	147
Capialzado viaje por cara en vuelta de horno por testa	151
Capialzado cuadrado avanzado por testa	155
Capialzado viaje por testa avanzado por testa	159
Capialzado viaje por cara avanzado por testa	161
Capialzado por rincón para una puerta por esquina	163
Puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de Arco	167
Puerta por esquina de arco contra capialzado por rincón de arco	171
Puerta por esquina capialzada de arco contra capialzado por rincón de arco	173
Capialzado por esquina para una puerta por rincón	176
Puerta por rincón a regla contra capialzado por esquina de arco	178
<i>TERCERA PARTE</i>	181
Difinition primera muestra extender circunferencias concurrientes llanas y en vuelta de horno	181
Difinition segunda muestra extender molduras concurrientes fuera de su cuadrado	183
Difinition tercera muestra sacar enganchados por línea concurriente	185
Difinition cuarta muestra entrar en cuadrado y robar cualquiera manera de despiezo que se hiciere en un paso de caracol v escalera en plano o en circunferencia	187
Caracol de husillo	191
Caracol de husillo de dos subidas	196
Caracol en vuelta que dicen vía de san Gil de bóveda concurriente alrededor de un macho redondo de hiladas concurrientes	200
Caracol en vuelta en circunferencia de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo	205
Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla de hiladas concurrientes alrededor de un macho Redondo	208
Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo	212
Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo de dos subidas	215
Caracol exento alrededor de un macho redondo capialzado en circunferencia	217
Caracol exento alrededor de un macho redondo capialzado en circunferencia de dos subidas	221
Caracol de ojo que dicen de Mallorca	223
Caracol de ojo redondo de dos subidas	228
CONCLUSIONES	231
Un saber en evolución	233
Un saber de Oc-cidente	238
Un saber complejo	245
TRANSCRIPCIÓN LITERAL	255
GLOSARIO	313
BIBLIOGRAFÍA	359

TEXTO COMENTADO

CAPITALZADOS

CARACOLES

SEGUNDA PARTE

DE CERRAMIENTOS Y TRAZAS DE MONTEA

POR GINÉS MARTÍNEZ DE ARANDA

ARQUITECTO

Esta segunda parte es aplicada para capialzados y puertas capialzados son toda cualquiera figura que en su distribución causare alguna alteración de líneas concurrentes puertas son las que fueren insertos los capialzados con los dinteles y arcos de afuera entre los cuales proceden de dos especies de figuras la primera es figura rectilínea que proceden los capialzos igualmente a regla y la segunda especie es figura circular que proceden los capialzos en circunferencia y causan las piezas alguna manera de enganchados de estas especies proceden muchas figuras en infinito como adelante se verán puestas en demostración

DIFINITIONES DE ESTA SEGUNDA PARTE

Difinition primera muestra entrar bolsores en cuadrado y robarlos así por cuadrado como por circunferencia

Supongo que la figura **A** es el bolsor que quieres entrar en cuadrado y el dicho cuadrado son los cuatro ángulos **a b c d** con el cual dicho cuadrado cogerás los extremos del dicho bolsor y robándolo por el lecho alto con el robo **a** y por el tardos con el robo **b** y por la cara con el robo **c** y por el lecho bajo con el robo **d** y pasando los dichos robos de una testa a otra quedará formado el dicho bolsor como parece en la figura **B**

Supongo que la figura **C** es el bolsor que quieres entrar en cuadrado para robarlo por circunferencia y el dicho cuadrado son los cuatro ángulos **c f g h** y con el dicho cuadrado cogerás los extremos del dicho bolsor y por el lecho alto le robarás con el robo **e** y por el tardos con el robo **f** y por la cara con el robo **g** y por el lecho bajo con el robo **h** y

pasando los dichos robos de una testa a otra con la circunferencia que le conviniere quedará formado el dicho bolsor como parece en la figura D

Aranda expone aquí la idea básica del método de labra *por robos* y una variante en la cual las aristas más largas de las dovelas no son segmentos de recta sino arcos de circunferencia [176].

La variante básica es bien simple. Se comienza desbastando un bloque paralelepédico dispuesto de forma que dos caras son horizontales, dos están incluidas en los planos de testa del arco o capialzado y las dos restantes son perpendiculares a estas últimas. Si se nos permite el anacronismo, diríamos que las caras se disponen de acuerdo con las tres direcciones del espacio cartesiano. Una vez hecho esto se traza sobre una de las caras de testa la silueta de la testa de la dovela A y a continuación se va *robando*, esto es, quitando material de cada uno de los cuatro ángulos del bloque original, avanzando hacia la otra testa, hasta conseguir obtener la forma de la dovela.

La descripción de Aranda no es del todo precisa. No aclara ni cómo se han de llevar los *robos* a la otra testa, es decir, cómo se han de materializar las tiradas que representan las aristas de las caras de trasdós e intradós, ni tampoco en que orden se han de realizar los *robos*.

Alonso de Vandelvira es algo más explícito. En su «Arco en torre cavado y redondo por robos»¹ nos dice que

A la segunda [piedra] le quitarás el triángulo D y el triángulo E y lo que aploma que es desde la f a la G y de lo largo la torre cavado y redondo señalado con las letras L L lo cual se ha de robar primero que nada y luego labrar la dovela con la cercha del arco echándola por cuadrado [...]

Es decir, en primer lugar se quitaría material de ambas testas, si la pieza lo precisa, con lo cual se dispondría de una superficie plana donde materializar la silueta de la testa para continuar dando forma a la pieza. En la pieza de Aranda esto no sería necesario, al ser las dos testas ortogonales, pero sí sería bueno comenzar a desbastar el bloque por las testas para tener una superficie limpia en la que trazar la testa de la dovela.

Una vez trazada la testa, con pluma de ganso y almagre o con un trazador,² se puede comenzar a *robar* por los cuatro ángulos del bloque. Tanto Aranda como Vandelvira comienzan a quitar material por el *lecho*

¹ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, c. 1580, f. 24 r, según la numeración original del manuscrito Sombigo, ofrecida por Barbé entre paréntesis redondos.

² V. p. 139 del Tomo I.

Figura 176. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 114.

Figura 177. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 115.

alto, **a** para Aranda. Vandelvira ni siquiera cita el triángulo que queda por encima de la *tardosa*, **b** en Aranda; tenemos así una muestra más del desinterés de estos maestros por los trasdoses. Después se quitaría la cuña que hay por debajo de la cara de intradós, **c**, y sólo al final el triángulo que queda por debajo del *lecho bajo*, **d**.

Vandelvira aporta algo más de luz sobre el paso de una testa a otra. En la cuña que queda bajo la superficie de intradós y que hay que quitar para materializar éste, la equivalente a la **c** de Aranda, se ha de «labrar la dovela con la cercha del arco echándola por cuadrado», es decir materializar la curva de la testa proyectándola ortogonalmente a su plano, sin duda con ayuda de una escuadra.

Este orden de labra propuesto por Aranda, que repite el de Vandelvira con alguna variante, parece responder a la intención de trabajar en lo posible con la dovela en una orientación idéntica a la que habría de tener una vez colocada en la obra, reduciendo así al mínimo los giros de la pieza, que todavía hoy se realizan con gran esfuerzo por medio de palancas. De esta manera, se quitarían en primer lugar las cuñas superiores **a** y **b**, trabajando con el bloque apoyado de forma estable sobre la base **c d**, y sólo al final se quitarían las cuñas inferiores **c** y **d** para colocarla en obra por medio de los «ingenios» o grúas que sabemos que abundaban en las obras del Renacimiento.³

La segunda construcción, que Aranda describe con la ayuda de las figuras **C** y **D**, es en todo análoga salvo que las aristas que unen ambas testas no son segmentos de recta sino arcos de círculo. Por tanto, la superficie de intradós así obtenida no será una reglada, sino la superficie de traslación obtenida al desplazar un arco de círculo sobre otro arco de círculo. El instrumento utilizado para llevar una testa a otra no sería obviamente la escuadra, sino una plantilla negativa con un lado recto y otro convexo, realizada específicamente para labrar estas dovelas y similar al *baivel* de Vandelvira.⁴

³ V. Lázaro de VELASCO, *Traducción de los diez libros de arquitectura de Vitrubio*, Ms. Biblioteca Municipal de Cáceres, 1564, reproducida en F[rancisco] J[avier] SÁNCHEZ CANTÓN, *Fuentes literarias para la historia del arte español*, Madrid, 1923; Francisco ÍÑIGUEZ ALMECH, «Los ingenios de Juan de Herrera», *Revista de Archivos, Bibliotecas y Museos*, 1963, pp. 163-170; Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «La obra como espectáculo: el dibujo de Hatfield», en *Monasterio de El Escorial. Las casas reales (El palacio)*, Madrid, Patrimonio Nacional, 1986, pp. 55-67 y p. 216 del Tomo I de este trabajo.

⁴ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 4 v.

Difinition segunda muestra extender línea concurriente y sacar saltarregla perpendicular

Supongo que la línea que has de extender está entre los puntos *i l* y el capialzo que causare el dicho extendimiento estará en ángulo recto desde el punto *l* al punto *m* y a este dicho punto *m* tirarás la dicha línea concurriente *E* y esta dicha línea concurriente servirá de cara de cualquiera saltarregla y la línea perpendicular *F* sirve de testa en cuadrado para cualquiera saltarregla desde el punto *m* al punto *n*

Aranda recoge aquí una sencillísima construcción para obtener la sección axial de un capialzado [177]. Trazada la línea *i l*, que representa el ancho del capialzado a nivel del plano de impostas, se eleva por encima de *l* la diferencia de cotas entre una testa y otra del capialzado; trazando la hipotenusa de este triángulo rectángulo o *línea concurriente*, *E*, obtendremos la sección de la superficie de intradós; sólo faltará tomar sobre la prolongación de la vertical el ancho de la testa, *F*, para tener una *planta por lecho* esquemática.

Elemental como es, la construcción tiene un papel fundamental en la estereotomía de capialzados para resolver todo tipo de problemas, empezando por el que veremos a continuación en la *difinition tercera*; incluso una variante de esta construcción encuentra su lugar para resolver un complejo problema de arcos, como vimos en el *Arco abocinado viaje por testa*.⁵

Difinition tercera muestra sacar arcos en segmento menor de círculo sobre una línea concurriente

Para sacar los dichos arcos en segmento menor de círculo formarás la planta como parece en los dos lados opuestos señalados con la *G* y asimismo formarás la línea concurriente *H* que es para tomar las alturas y para sacar los dichos arcos los sacarás de esta manera supongo que quieres sacar el arco *I* tomarás en la línea concurriente *H* lo que sube su despiezo desde el punto *O* al punto *p* y este tamaño echarás en la mitad de la planta desde el punto *q* al punto *r* y con una circunferencia

⁵ V. p. 113 del Tomo II.

Figura 178. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 116.

Extender línea concurrente y sacar saltarregla perpendicular. Sacar arcos en segmento menor de círculo sobre una línea concurrente

extendida cogerás los tres puntos **o r s** como parece en el arco **I** y de esta manera se han de sacar todos los demás arcos en segmento menor de círculo sobre una línea concurriente como parece en los arcos **L M**

Vemos aquí una construcción complementaria de la anterior. Allí se trataba de obtener la sección axial del capialzado, que ha de ser útil para construir las *plantas por lecho*; aquí se busca trazar la sección por un plano perpendicular al eje de un capialzado en el que una testa es un arco de círculo y la otra un segmento de recta; esta sección nos ayudará a realizar las plantillas de testa [178]. Comenzaremos precisamente trazando la *línea concurriente* **H** como en la ocasión anterior, partiendo del ancho del capialzado y la diferencia de cotas entre sus testas; también trazaremos la planta del capialzado, reducida aquí a las dos líneas paralelas **G**.

Para obtener la sección por **o s**, bastará abatir con charnela en el propio segmento **o s**. El punto central **p** se separará de **o s** una distancia igual a su altura **o p**. Tomando esta distancia en una perpendicular a **o s** que pase por su punto medio **q** obtenemos el punto **r**, imagen abatida de **p**. Bastará unir con el compás los tres puntos **o r s** para obtener la sección que buscamos. Lo mismo podremos hacer para obtener otras secciones como la **L** o la **M**.

Capialzado cuadrado a regla

Para trazar este dicho capialzado cuadrado a regla le formarás el dintel **A** que sirve de testa para el lado de la planta **B** y la distancia que hubiere entre las líneas **A B** es lo que ha de capialzar el dicho capialzado y asimismo formarás el batiente **C** con el ancho que te pareciere y para sacar las plantas por lechos las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **D** tirarás la línea en blanco **a** que haga ángulo recto con la junta **b** y tomarás lo que capialza la dicha junta desde el punto **c** al punto **d** y este tamaño echarás en la dicha línea en blanco **a** desde el dicho punto **c** al punto **e** y a este dicho punto **e** tirarás la cara de la dicha planta por lecho **D** desde el punto **f** y para sacar la testa de esta dicha planta por lecho tomarás la distancia que hubiere desde el punto **c** al punto **g** y este tamaño lo echarás perpendicularmente en el plomo que bajo del tardos de la dicha junta desde el punto **h** al punto **i** después tomarás en la planta el largo de su junta desde el punto **c** al punto **f** y este tamaño echarás en la línea **B**

desde el punto **h** al punto **l** y teniendo fija la una punta del compás en el dicho punto **l** abrirás el dicho compás que toque con la otra punta en el punto **i** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **f** y con la otra circundarás un pedazo de círculo en blanco **m** después tomarás el largo de la dicha junta en el dintel desde el punto **d** al punto **g** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **e** y con la otra tocarás en el pedazo de círculo en blanco **m** en el punto **n** y a este dicho punto **n** tirarás la testa de la dicha planta por lecho desde el punto **e** y la testa contraria del batiente desde el punto **o** al punto **p** se ha de sacar que haga ángulo recto con la junta **b** y de esta manera quedará sacada la dicha planta por lecho como parece entre los ángulos **e f o p n** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo y las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **E** tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **D** desde el punto **e** al punto **f** y este tamaño echarás desde el punto **1** al punto **2** y desde el punto **3** al punto **4** y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por cara como parece entre los ángulos **1 2 3 4** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo

Con esta *traza* comienza Martínez de Aranda su amplio repertorio de capialzados. Como ha señalado Pérouse de Montclos, los capialzados son extremadamente raros en la Edad Media;⁶ en general se resuelve la descarga mediante un arco y el marco mediante un dintel.⁷ Al ejemplo de Saint-Pierre de Saumur sólo podemos añadir en España dos en la catedral de León y uno en la iglesia de Santiago de La Coruña, y en ninguno de los dos casos podemos descartar que se trate de intervenciones posteriores.

Algunos de los primeros ejemplares de este *Capialzado cuadrado a regla* corresponden al gótico tardío y muy matizado por la influencia italiana, como los de la casa de la Almoina, junto a la catedral de Mallorca, de 1529.⁸ A partir del primer Renacimiento, la pieza se vuelve ubicua: la encontramos de un extremo a otro de la Península, desde Santa María del

⁶ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, París, Picard, 1982, p. 120.

⁷ Auguste CHOISY, *Histoire de l'Architecture*, París, Gauthier-Villars, 1899, t. II, p. 597.

Figura 179. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 117.

Figura 180. Ventanas en la catedral vieja o iglesia de Santa Cruz de Cádiz.

Coro de San Sebastián al Hospital de la Sangre sevillano; en los sótanos del Monasterio del Escorial o en iglesias como la de Navas de San Juan; merece la pena destacar los de la fachada oeste del monasterio compostelano de San Martín Pinario, así como los de Santa Cruz de Cádiz [180], con proyecto de Cristóbal de Rojas y en cuya construcción debió intervenir Aranda.⁹

Los capialzados pueden parecer figuras simples, problemas menores al lado de las cúpulas o incluso los arcos. Nada más lejos de la realidad; consideremos los problemas que se acumulan en este *Capialzado cuadrado a regla*, el más simple de los que nos presenta Aranda [179]. Se trata de un vano abocinado, es decir, de mayor luz en uno de los paramentos que en otro; pero además presenta el rasgo típico de los capialzados, por el cual la superficie de intradós está inclinada buscando mayor altura en un paramento que en otro; y termina de complicar las cosas el *batiente*, es decir, una franja horizontal en el encuentro de la superficie de intradós con uno de los paramentos para recoger la carpintería y proporcionarle una superficie de recibido horizontal logrando un buen ajuste de la carpintería con la fábrica.¹⁰

Aranda comienza la construcción trazando la planta por el sencillo método de dividir en cinco partes las líneas de impostas B y C a cada lado del hueco; probablemente, esto se hacía aplicando el teorema de Tales sin necesidad de recurrir a tanteos. A continuación traza el dintel más alto separándose de la línea de impostas una distancia *c d* que es lo que ha de *capialzar* la pieza, es decir, el desnivel entre los dinteles de una y otra testa. Obtenida así la arista A del dintel alto, se suben perpendiculares desde B, con lo que obtenemos los extremos de las juntas de testa de las dovelas o *tiranteces*. Aunque Aranda no lo diga en el texto, en el dibujo se aprecia perfectamente que los otros extremos de las *tiranteces* se obtienen con la condición de que todos deben converger en el mismo punto.

Trazado así el *capialzado*, Aranda va a abordar su resolución *por plantas al justo*. Vandelvira incluye un capialzado similar¹¹ pero con varias diferencias importantes en el planteamiento general y en la ejecución [181]. El maestro de Sabiote se plantea obtener únicamente las *plantas por cara* y la saltarregla del dintel alto, o como mucho saltarreglas para los dos

⁸ Martí LUCENA, et al., *Palma. Guía de arquitectura*, Palma de Mallorca, Colegio de Arquitectos, 1997, p. 61.

⁹ José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 103.

¹⁰ V. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 99.

¹¹ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 44r.

dinteles; quizá por esto, el orden de las operaciones es inverso al que plantea Aranda, pues comienza trazando las *plantas por cara*, para lo cual construye no una, sino tres *plantas* de un golpe, aprovechando la planeidad de la cara de intradós, lo que le obliga a resolverlas por triangulaciones, después de lo cual trazará la «saltrarregla». En cambio Aranda, como en otras ocasiones, comienza trazando la *planta por lecho* de la cual obtiene la junta de intradós que le sirve para construir la *planta por cara*, que puede resolver abatiendo con charnela en el dintel bajo.

Al construir únicamente «saltrarreglas» que le ofrecen el ángulo entre las juntas de intradós y de testa, y no verdaderas *plantas por lecho*, Vandelvira logra pasar de puntillas junto a un problema que no arredra a Aranda: **la cara de lecho de cualquiera de la dovelas no es estrictamente plana**. En efecto, los puntos **o**, **f** y **e**, están en el plano vertical que pasa por la proyección de **b** y no son colineales; luego cualquier punto que no esté sobre la proyección de **b** no será coplanar con ellos. Es el caso del punto **n**, o **g** en el alzado, que no puede estar sobre **b** porque de lo contrario las juntas de testa de las dovelas serían verticales, en contra del más elemental sentido constructivo; lo mismo ocurre con el punto **p**. Por tanto, dos de los cinco vértices de la cara de lecho **o f e n p** no están en el plano definido por los otros tres, y la cara estará alabeada o *engauchida*.

Aranda va a realizar una construcción basada en practicar dos abatimientos sucesivos que es inevitablemente imprecisa, pues no se puede abatir algo que no es plano, pero que ofrece buenos resultados prácticos. Comenzará abatiendo el plano vertical que pasa por **b** sobre el plano de impostas con charnela en **b**. El punto **c**, que está en la charnela, no se moverá en el abatimiento; como **c d** es vertical, su imagen abatida será un segmento **a** perpendicular a **b**. Sobre este segmento podemos situar la imagen de **d** sin más que tomar del alzado la distancia **c d** y llevarla sobre **a** a partir de **c**, con lo que obtendremos el punto **e**, imagen abatida de **d**.

Para obtener el siguiente punto **n** de la *planta por lecho*, Aranda se vale de dos condiciones: puede obtener su distancia a **e** tomándola del alzado, pues será igual a **d g** y su distancia a **f** construyendo en verdadera magnitud una diagonal. Para hacer esto último, intenta construir el triángulo **f c g** llevando la distancia **h f** a la línea de impostas desde **h** con lo que obtiene el punto **l** y llevando asimismo la distancia **c g** a la vertical que pasa por **h g**, con lo que obtiene el punto **i**.¹² La longitud de la diagonal sería **l i**, si no

¹² Estas construcciones por triangulación aparecen en De L'Orme y son frecuentes en Vandelvira. V. Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567, f. 102 v., y Alonso de

Capialzado cuadrado a regla

Figura 181. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 44.

Figura 182. Alonso de Guardia, Manuscrito de arquitectura y cantería, f. 86 v.

fuera por un fallo del planteamiento: nada asegura que $f c g$ sea un triángulo rectángulo. En las dos *trazas* siguientes se repite la misma construcción, mientras que en el *Capialzado viaje por cara a regla*¹³ se expone una construcción más correcta y precisa, que consiste en construir el triángulo $f h g$; en cualquier caso, las consecuencias del error serían inapreciables en la práctica.

En cualquier caso, a continuación trazaremos un arco m de radio $l i$ con centro en f ; el punto n que buscamos habrá de estar sobre ese arco, y lo situaremos con facilidad tomando la longitud de la *tirantez* $d g$ del alzado y trazando otro arco con centro en e y longitud $d g$; n estará en la intersección de los dos arcos.

Con esta operación Aranda ha practicado un segundo abatimiento con charnela en $f e$; pero el problema de este segundo abatimiento es que o se debería haber movido, puesto que no está en $e f$, y esto no se refleja ni en el texto ni en el dibujo. De todas formas, las consecuencias prácticas de esta imprecisión tampoco son graves por dos razones: en primer lugar su magnitud será muy reducida, dado que el *batiente* C será en general relativamente estrecho; y por otra parte, los pequeños desajustes que pudieran producirse quedarían ocultos por la carpintería.

Queda por situar el quinto punto de la *planta por lecho*; lo único que nos dice Aranda al respecto es que *la testa contraria del batiente desde el punto o al punto p se ha de sacar que haga ángulo recto con la junta b*, construcción que también es inexacta puesto que la *tirantez* $o p$ no puede ser vertical por lógica constructiva y por lo tanto p no estará sobre o y además b no es perpendicular a la línea de impostas por efecto del abocinamiento del vano. En el abatimiento alrededor de b , el punto abatido de p se moverá desde luego sobre una perpendicular a b , pero sobre una perpendicular que pasa por la proyección horizontal de p y no por o .

Una vez trazadas las *plantas por lecho* de una mitad del capialzado, que podemos emplear en la otra por simetría, la construcción de las *plantas por cara* tales como E es bien sencilla. Consiste en realizar un abatimiento alrededor de la línea que separa el *batiente* del plano de intradós. Los puntos 1 y 3, situados sobre esta línea, no se moverán; el 2 se moverá sobre una perpendicular a B y lo podemos situar tomando su longitud de la

VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, pássim y esp. f. 27 v. – 28 r. La triangulación se empleaba en la cartografía española de la época; v. Nicolás GARCÍA TAPIA, «Inventores españoles en el Siglo de Oro», en *Historia de la Técnica*, Barcelona, Prensa Científica, 1995, p. 91.

¹³ V. p. 21.

planta por lecho correspondiente o de la simétrica, pues será igual a *f e*. Por el mismo procedimiento podemos construir el punto 4, pero todavía es más fácil trazar una paralela a **B** que pase por 2 y hallar su intersección con una perpendicular a **B**.

Capialzado viaje por testa a regla

Para trazar este dicho capialzado viaje por testa a regla le formarás el dintel **A** que sirve de testa para el lado en viaje de la planta **B** y la distancia que hubiere entre el dintel **A** y la línea en blanco **C** es lo que ha de capialzar el dicho capialzado y asimismo le formarás el batiente **D** con el ancho que te pareciere y para sacar las plantas por lechos les sacarás las caras echado su avanzamiento en ángulo recto y le sacarás las testas con el extendimiento que causaren las líneas *a* con las juntas de la planta echadas unas contra otras en ángulo recto como se hizo en el capialzado cuadrado a regla en la planta por lecho señalada con la **D** y de esta manera sacarás las plantas por lecho de este dicho capialzado para plantarlas al justo como parecen señaladas con las letras *b c d e f g* y las plantas por caras las sacarás echando el largo de las caras de las plantas por lechos cada una en su junta desde el batiente a los plomos que bajaren del dicho dintel y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas como se hizo en el dicho capialzado cuadrado a regla y como parece en la planta por cara **E** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por cara para plantarlas al justo y las caras de las piezas de este dicho capialzado han de quedar después de labradas enganchadas y las testas de las dichas piezas han de quedar derechas a regla y borneo

A las dificultades propias de los capialzados - abocinamiento, superficie de intradós dividida en un plano inclinado y un *batiente* horizontal - Aranda añade aquí el problema del esviaje de la testa del dintel alto [183]. El curso de las operaciones va a ser en esencia el mismo del *Capialzado cuadrado a regla*, pero su desarrollo gráfico va a ser diferente. En lugar de apoyar la construcción de cada *planta por lecho* en la proyección en planta del correspondiente junta de intradós como se hacía en el «corte» anterior, aquí Aranda va a basar todas las *plantas por lecho* en el eje del capialzado.

Aranda aborda la construcción de estas *plantas* poniendo como ejemplo la **D**; parece existir un error de transcripción, pues la **D** corresponde al

Figura 183. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 119.

Capialzado viaje por testa a regla

batiente y no a una *planta por lecho*. De cualquier manera, el primer paso para trazar la *planta* es llevar la longitud de la junta de intradós sobre el eje del capialzado. El procedimiento correcto para esto se expone el *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda diferente del pasado*: consiste simplemente en tomar la longitud de la junta de intradós en planta, pongamos por caso *c*, partiendo de su intersección con la línea que separa el *batiente* del plano inclinado de intradós y llevarla sobre el eje del capialzado. Pero Aranda nos dice *para sacar las plantas por lechos les sacarás las caras echado su avanzamiento en ángulo recto* lo que parece que debe más bien interpretarse como que simplemente se trazan paralelas a *D* desde las intersecciones de las juntas de intradós con *B*. Si el abocinamiento no es fuerte, el resultado de esta construcción aproximada es muy próximo al de la correcta, tanto que no resulta posible del dibujo determinar cuál de ellas se ha empleado. Sea cual sea, hay un segundo paso imprescindible del que no habla el texto, pero sí refleja el dibujo: levantar una perpendicular al eje del capialzado sobre la cual tomaremos una distancia igual a la separación entre *C* y *A* en cuyo extremo estará un vértice de la *planta*.

A continuación se trata de obtener la testa de la *planta por lecho* y el texto de Aranda también es muy escueto: *le sacarás las testas con el extendimiento que causaren las líneas a con las juntas de la planta echadas unas contra otras en ángulo recto como se hizo en el capialzado cuadrado a regla*. Siguiendo los pasos de esa *traza*, tomaremos el desnivel entre los dos dinteles y lo llevaremos sobre una perpendicular a *B* para obtener el tercer vértice de la *planta por lecho*. A continuación llevaremos la longitud de la proyección horizontal de la junta de intradós entre *batiente* y testa a la línea *C*, formando un triángulo rectángulo con la línea *a* que representa la distancia entre la proyección horizontal del extremo superior de la junta de intradós y el extremo superior de la junta de testa, que para Aranda representa la longitud de la diagonal de la *planta por lecho*. La construcción es inexacta porque nada asegura que la proyección horizontal de la junta de intradós y la línea *a* formen un triángulo rectángulo, pero las consecuencias prácticas serán imperceptibles. A continuación podemos trazar un arco con centro en la intersección del eje del capialzado y la línea *D* que representa el lugar geométrico de los puntos separados por esa distancia del primer vértice de la *planta por lecho*.

Para hallar el tercer vértice necesitaremos otra condición. En el *Capialzado cuadrado a regla* simplemente tomábamos la longitud de la *tirantez* del alzado; pero aquí las cosas no son tan sencillas porque los dos extremos de la *tirantez* no están en el mismo plano por causa del esviaje del

capialzado. Habrá que examinar *trazas* comparables, y la primera es el *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda diferente del pasado*;¹⁴ allí se toman las mitades de la *tirantez* del alzado como si estuvieran en verdadera magnitud, y aquí no hay razón para pensar que se haga una cosa distinta con la *tirantez* entera. Por tanto, trazaremos un arco con radio igual a la longitud de la *tirantez* y centro en el segundo vértice de la *planta por lecho* y donde intersecte al arco que habíamos trazado antes estará el tercer vértice.

El texto no dice nada del trazado de los lados de las *plantas por lecho* correspondientes al trasdós, al dintel bajo ni al batiente; pero en el dibujo vemos que la junta del dintel bajo está sobre la línea que representa su proyección en planta, lo que no es exacto porque la línea C habrá tenido que girar para colocarse paralela al eje del capialzado. Probablemente se adopta esta simplificación porque la corta longitud del *batiente* y la escasa magnitud del ángulo entre la junta de intradós y el eje del capialzado hacen que el error sea mínimo.

El intradós de este capialzado es una superficie reglada no desarrollable. Aranda distingue perfectamente el alabeo del intradós de la planeidad de las testas: *las caras de las piezas deste dicho capialzado han de quedar despues labradas engauchidas y las testas de las dichas piezas han de quedar derechas a regla y borneo*; esto no es óbice para construir las *plantas por cara*, lo que se hace por el método empleado en el *Capialzado cuadrado a regla*¹⁵ se trata de realizar un abatimiento alrededor de la línea que separa el *batiente* del plano de intradós. Los puntos situados sobre esa línea, no se moverán; los situados sobre la testa se moverán en un plano perpendicular a la charnela y podemos construirlos tomando la longitud de las juntas de intradós de la *planta por lecho* correspondiente. Pero al contrario de lo que sucedía en el *Capialzado cuadrado a regla*, aquí es necesario servirse de dos *plantas por lecho* para construir cada *planta por cara*, pues no podemos asegurar que el cuarto lado de la *planta por cara* sea paralelo a B; Aranda lo dice bien claro: *las plantas por caras las sacarás echando el largo de las caras de las plantas por lechos cada una en su junta desde el batiente a los plomos que bajaren del dicho dintel y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas*. El resultado es una plantilla que conserva la verdadera magnitud de las dos juntas de intradós y de las dos diagonales de la cara de intradós de la dovela, pero no de la testa, aunque el error será en general pequeño.

¹⁴ V. p. 39.

¹⁵ V. p. 13.

Capialzado viaje por testa a regla diferente del pasado

Para trazar este dicho capialzado viaje por testa a regla le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y tomarás el largo de la mayor junta de esta dicha planta desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño echarás en la línea **B** desde el punto **c** al punto **d** y verás la mayor subida que le quisieres dar al capialzo y ese tamaño echarás desde el punto **d** al punto **e** que haga ángulo recto con la línea **B** y a este dicho punto **e** tirarás la línea concurriente **C** que sirve de cara para todas las plantas por lechos de las dichas juntas y después tomarás el largo de las dichas juntas en la dicha planta y estos tamaños echarás en la línea **B** desde el punto **c** adonde alcanzaren y por estos puntos sacarás en ángulo recto las líneas **f g h i l** que toquen en la línea concurriente **C** y el largo que tuvieren estas dichas líneas en blanco entre las dos líneas **B C** eso ha de tener de capialzo el dicho capialzado entre la línea en blanco **D** y el dintel **E** echando cada capialzo en su plomo de manera que quede el dicho dintel concurriente hacia la menor subida y las testas de las dichas plantas por lechos y las plantas por caras se han de sacar conforme se sacaron en el capialzado cuadrado a regla a 116 planas de este libro

Decíamos en la traza anterior que el alabeo de la cara de intradós no impedía a Martínez de Aranda trazar *plantas por cara*. Sin embargo, aquí presenta una solución completamente diferente al mismo problema con el único objetivo aparente de conseguir la planeidad de esta cara, llegando incluso a disponer un singular dintel inclinado en la cara más ancha y alta del capialzado [184]. La idea tiene un claro fundamento geométrico: si pretendemos abrir un hueco abocinado y con intradós inclinado en un muro con un paramento en esviaje y ponemos como condición que el intradós ha de ser plano y su intersección con uno de los paramentos horizontal, para permitir la ejecución del *batiente* o faja que recibe la carpintería, la intersección con el otro paramento ha de ser forzosamente inclinada.

La construcción comienza así trazando la planta del capialzado, llevando las jambas divergentes hasta intersectar con la testa en esviaje, y dividiendo el ancho del capialzado en un número impar de partes para trazar la proyección horizontal de las juntas de intradós. Pero a continuación no pasamos a levantar el alzado, sino que lo dejamos en

suspense, pues vamos a utilizar para ello las *plantas por lecho*, que como en la *traza* anterior apoyan en el eje del capialzado.

Se da comienzo a esta construcción singular trazando la planta por lecho extrema **a b**, la que apoya en la «piedra del fundamento». Tomamos su longitud de la planta y la llevamos al eje del capialzado obteniendo el segmento **c d**; a continuación fijamos su desnivel **d e**, con lo que **c e** representará la junta de intradós correspondiente a esta *planta por lecho* en verdadera magnitud.

Llegados a este punto, Aranda introduce una simplificación: asume que al ser plana la cara de intradós la pendiente de todas las juntas de intradós es la misma, lo que no es exactamente cierto porque no son paralelas; de hecho las juntas próximas al eje del capialzado, casi paralelas a la línea de máxima pendiente, serán más inclinadas que las de los extremos; pero dadas las pequeñas dimensiones que presentan en muchas ocasiones los capialzados, el error será despreciable. Por lo tanto irá tomando las longitudes de las juntas de intradós en planta, llevándolas sobre **c d** y levantando perpendiculares hasta intersectar con **c e**, con lo que tendremos las juntas de intradós en verdadera magnitud o al menos una aproximación a ellas. Una vez hecho esto ya podemos construir la testa; para ello Aranda nos dice que

el largo que tuvieren estas dichas linias entre las dos linias B C eso ha de tener de capialzo el dicho capialzado entre la linia en blanco D y el dintel E echando cada capialzo en su plomo de manera que quede el dicho dintel concurriente hacia la menor subida.

El pasaje presenta dos dificultades de interpretación. En primer lugar, **D** y **E** no figuran en el dibujo, pero no pueden ser otras que la línea de construcción **b d**, que marcamos como **Δ** en nuestro dibujo y la arista inferior del dintel inclinado, que marcamos como **E**. Si interpretamos el texto literalmente, deberíamos construir **f**, **g**, ... como perpendiculares a partiendo de las *plantas por lecho*, y después construir **E** pasando por todas ellas, con lo que éste tendría forma ligeramente arqueada a causa de la simplificación de la que hablábamos antes. Pero Aranda no parece consciente de esto, o si es consciente desprecia este efecto, por lo que aparentemente **E** se traza como una línea recta, y los pequeños errores que esto induce en las longitudes **f**, **g**, se desprecian.

A continuación retomamos la construcción de las *plantas por lecho* obteniendo sus terceros vértices. Para esto construiremos la diagonal de la

Figura 184. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 120.

Capialzado viaje por testa a regla diferente del pasado

Capialzado viaje por testa a regla diferente del pasado

Figura 185. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 122.

Figura 186. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 44.

planta en verdadera magnitud como en el *Capialzado cuadrado a regla*.¹⁶ Tomaremos del alzado la distancia ente **b** y el extremo superior de la *tirantez*, y la llevaremos a la vertical que pasa por el extremo superior de dicha *tirantez*. A continuación tomaremos la longitud en planta de la junta de intradós, supongamos que **a b**, la llevaremos sobre **b d**, y construiremos el triángulo rectángulo que tiene por base la longitud de la junta de intradós y por altura la longitud que hemos medido sobre la vertical que pasa por el extremo de la *tirantez*; en la hipotenusa tendremos la diagonal de la *planta por lecho* que une el primer y el tercer vértice en verdadera magnitud. Como sucedía en el *Capialzado cuadrado a regla*, la construcción es inexacta porque no se puede asegurar que los dos catetos del triángulo sean ortogonales; pero esto es casi imperceptible en la práctica.

Para fijar el tercer vértice de la *planta* necesitamos otra condición; como después veremos en el *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda diferente del pasado*,¹⁷ parece que la longitud del segmento entre el segundo y el tercer vértice se toma sin más del alzado, a pesar de que éste no representa esta distancia en verdadera magnitud; a continuación se trazan arcos con centro en el primer y el segundo vértice y con radios iguales a las distancias que los separan del tercero; en la intersección de ambos estará el vértice buscado. Es interesante señalar que esta vez no se construyen ni el cuarto ni el quinto vértice; por una vez Aranda no nos da en realidad una *planta por lecho* sino más bien una «saltarregla» al modo de Vandelvira o Rojas.¹⁸

Para trazar las plantas por cara se emplea el método del *Capialzado cuadrado a regla*; abatiremos alrededor de la línea que separa el batiente del plano de intradós. Los puntos situados sobre esa línea no se desplazarán en el abatimiento, mientras que los situados sobre la testa se mantendrán en un plano perpendicular a la charnela y podemos situarlos tomando la verdadera magnitud de cada junta de intradós de su *planta por lecho* correspondiente; aquí es necesario utilizar dos plantas por lecho para trazar cada planta por cara, pues su cuarto lado no será en general paralelo a la testa.

¹⁶ V. p. 13.

¹⁷ V. p. 39.

¹⁸ V. p. 201 del Tomo I y ss.

Capialzado viaje por cara a regla

Para trazar este dicho capialzado viaje por cara a regla le formarás el dintel **A** que sirve de testa para el lado de la planta **B** y la distancia que hubiere entre las dos líneas **A B** es lo que ha de capialzar el dicho capialzado y asimismo formarás la planta con el viaje que tuviere el sitio donde se hubiere de hacer como parece entre los cuatro ángulos **C** y la línea **D** es para dividir el batiente para sacar las plantas por lechos las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **E** tirarás la línea en blanco **a** que haga ángulo recto con la junta **b** y tomarás lo que capialza la dicha junta desde el punto **c** al punto **d** y este tamaño echarás en la dicha línea en blanco **a** desde el dicho punto **c** al punto **e** y a este dicho punto **e** tirarás la cara de la dicha planta por lecho **E** desde el punto **f** y para sacar la testa de esta dicha planta por lecho pondrás la una punta del compás en el punto **f** y con la otra tocarás donde vino a parar el plomo del tardos de la junta a la línea **B** que es el punto **g** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el dicho punto **g** y con la otra tocarás en el punto **h** y teniendo fija la una punta del compás en el dicho punto **h** abrirás el dicho compás que toque la otra punta contraria en el punto **i** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **f** y con la otra circundarás el pedazo de círculo en blanco **l** y después tomarás en el dintel el largo de la dicha junta desde el punto **d** al punto **i** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **e** y con la otra tocarás en el pedazo de círculo **l** en el punto **m** y a este dicho punto **m** tirarás la testa de la dicha planta por lecho desde el punto **e** y la testa contraria desde el punto **n** al punto **o** se ha de sacar en ángulo recto con la junta **b** y de esta manera quedará formada la dicha planta por lecho como parece entre los ángulos **e f m n o** y con esta orden se han de sacar todas las demás plantas por lecho para plantarlas al justo y las plantas por caras se han de sacar de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **F** tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **E** desde el punto **f** al punto **e** y este tamaño echarás desde el dicho **f** al punto **p** después tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **G** desde el punto **q** al punto **r** y este tamaño echarás desde el dicho punto **q** al punto **s** y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y formarás la

Figura 187. Capialzados en el monasterio de San Lorenzo del Escorial.

Capialzado viaje por cara a regla

dicha planta por cara como parece entre los cuatro ángulos señalados con las letras **f p q s** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo

En este «corte» se aborda un problema similar al *Capialzado cuadrado a regla*¹⁹ pero aparentemente se le añade una dificultad más. En el *Capialzado cuadrado a regla*, teníamos un vano de mayor luz en uno de los paramentos que en otro que además presenta una *cara* o superficie de intradós inclinada salvo en la corta franja del *batiente*; aquí se añade una nueva complicación: el eje del dintel bajo está desplazado respecto al eje del dintel alto, lo que da lugar a un capialzado asimétrico [185]. Esta asimetría dará lugar a que no se puedan reutilizar las plantas de un lado en el otro, pero por lo demás el procedimiento de trazado es el mismo que el *Capialzado cuadrado a regla*. La pieza no es frecuente, pero existen varios ejemplos en el Monasterio del Escorial: uno enlucido en el Palacio de los Austrias y dos con el despiece visible en el área de las Salas Capitulares [187].

Como en aquél, Aranda comienza construyendo las líneas de impostas **B** y **D** a cada lado del hueco, y dividiendo ambas en cinco partes; después traza el dintel alto a una distancia **c d** de la línea de impostas igual a la diferencia de cotas entre los dos dinteles. Construida así la arista **A** del dintel alto, sube perpendiculares desde **B**, trazando las *tiranteces* de forma que se encuentren en un mismo punto.

A continuación se aborda la resolución del capialzado *por plantas*, practicando dos abatimientos sucesivos en una construcción que no representa en verdadera magnitud las caras de lecho como en el *Capialzado cuadrado a regla* a causa de su alabeo pero que es suficientemente precisa en la práctica. Da comienzo abatiendo el plano vertical que pasa por **b** sobre el plano de impostas con eje en la propia recta **b**. El punto **c**, que está sobre **b**, no se moverá en el abatimiento; como **c d** es vertical, en el abatimiento se transformará en un segmento **a** perpendicular a **b**. Sobre él podemos situar la imagen de **d** tomando del alzado la distancia **c d** y llevándola sobre **a** a partir de **c**, situando así el punto **e**, imagen abatida de **d**.

Para construir el siguiente punto **m** de la *planta por lecho*, Aranda va a utilizar dos condiciones: tomará su distancia **a e** de uno de los lados de la *planta* y su distancia **a f** la obtendrá construyendo en verdadera magnitud una diagonal. Para ello, construye el triángulo rectángulo **f g i** llevando la

¹⁹ V. p. 13.

distancia **g f** a la línea de impostas desde **g** con lo que obtiene el punto **h**; la longitud de la diagonal será **h i**. La solución es irreprochable; además de económica y elegante, es exacta, al contrario de lo que ocurría en el *Capialzado cuadrado a regla*, donde se pretendía construir el triángulo equivalente al **f c i** como si fuera rectángulo, cosa que no estaba asegurada; en cambio, aquí **f g i** siempre será rectángulo por estar formado por **f g**, que está en un plano horizontal, y por **g i**, que es un segmento vertical.

Una vez obtenida la verdadera magnitud **h i** de la diagonal, a continuación trazaremos un arco **l** de radio **h i** con centro en **f** y otro con longitud igual a la arista de testa **d i** y centro en **e**; el punto **l** que buscamos estará en la intersección de los dos arcos. Esta operación equivale a practicar un segundo abatimiento con charnela en **f e**; pero en este segundo abatimiento se debería haber movido **n**, que no está en **e f**, lo que no se menciona ni en el texto ni en el dibujo. De tal manera, la plantilla de lecho conserva la verdadera magnitud de los lados **n f**, **f e** y **e m** y las diagonales **n e** y **f m**, pero no la de la diagonal **n m**, si bien las consecuencias prácticas no son importantes, como sucedía en el *Capialzado cuadrado a regla*.

Para terminar la *planta por lecho* hay que situar el quinto punto, cosa que se hace con la condición de que **n o** sea perpendicular a **b**; también esta construcción es en general inexacta porque **n o** no será vertical nunca y **b** no será perpendicular a la línea de impostas salvo casos excepcionales, y eso sólo en una junta de intradós. En el primer abatimiento alrededor de **b**, el punto imagen de **o** se moverá sobre una perpendicular a **b**, pero sobre una perpendicular que pasa por **o** y no por **n**.

Trazadas las *plantas por lecho* de todo el capialzado, pues aquí no hay simetría, la construcción de las *plantas por cara* es fácil y no presenta problemas, pues el intradós es plano. Se trata de practicar un abatimiento con eje en la línea **D**; los puntos **f** y **q**, situados sobre esta línea, no se moverán; el **c** se moverá sobre una perpendicular a **B** y lo podemos situar tomando su longitud de la *planta por lecho* correspondiente, pues será igual a **f e**. Por el mismo método podemos construir el punto **s**, pero todavía es más fácil trazar una paralela a **B** que pase por **p** y hallar su intersección con la perpendicular a **B** que baja del extremo inferior de la *tirantéz* correspondiente.

Alonso de Vandelvira resuelve el mismo problema en su «Capialzado a regla en viaje»²⁰ de un modo completamente diferente [186]. No aspira a

²⁰ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 45 r.

construir *plantas por lecho* completas, por lo que comienza trazando todas las *plantas por cara* en una misma construcción, aprovechando la planeidad de la *cara*; el procedimiento es muy económico, pero le obliga a apoyarse en una imposta y resolver el problema por triangulaciones, frente al sencillo abatimiento alrededor del dintel bajo de Aranda. A continuación obtiene las «saltarreglas» que le permiten conocer el ángulo entre las juntas de intradós y testa y renuncia a trazar *plantas por lecho* completas, con lo que evita entrar en el espinoso problema de la falta de planeidad de las caras de lecho.

Puerta cuadrada a regla

Para trazar esta dicha puerta cuadrada a regla le formarás la planta como parece entre los ángulos A la distancia que hay entre las líneas B es el diente del dintel que sirve en la monte por la línea C y la línea E es el batiente del capialzado que sirve en la monte por la línea F y la línea G es el lado de la planta que sirve en la monte por la línea H la distancia que hubiere entre las líneas C F es el batiente del dintel donde baten las puertas la distancia que hubiere entre las líneas F H es el capialzo que ha de tener el capialzado la distancia que hubiere entre las líneas H I es el dintel que sirve de testa del dicho capialzado por la parte de adentro y el dintel por la parte de afuera ha de tener de alto la distancia que hubiere entre las líneas C I y las plantas por lechos las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho L tomarás en su junta la distancia que hubiere desde el punto a al punto b y este tamaño desviarás de su plomo desde el punto c al punto d y desde el punto e al punto f después tomarás en la dicha junta desde el punto a al punto g y este tamaño desviarás de su plomo desde el punto h al punto i y a este dicho punto i tirarás la cara de la dicha planta por lecho L desde el punto f y después tomarás en la dicha junta lo que hubiere desde el punto g al punto l y este tamaño echarás desde el punto i al punto m y después tomarás el largo de toda la dicha junta desde el punto a al punto l y este tamaño echarás desde el punto n al punto o y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por lecho como parece entre los puntos c d f i m o n y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al

justo y las plantas por caras sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara M tomarás el largo de la cara de la planta por lecho L desde el punto f al punto i y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 1 y con la otra tocarás en el plomo que bajo a el dintel en el punto 2 después tomarás el largo de la cara de la planta por lecho N desde el punto p al punto q y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 3 y con la otra tocarás en el plomo que bajo del dintel en el punto 4 y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas como parece entre los puntos 1 2 3 4 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo

En esta *puerta*, y en las muchas que iremos viendo a la largo de esta segunda parte de los *Cerramientos*, parecen confluír dos mundos bien distintos: aparentemente estamos ante un intento de trasvasar las célebres puertas serlianas del *Libro estrordinario*, que Aranda conocía y empleaba con mucha frecuencia, al sistema de la cantería. Pero también se recoge aquí la tradición medieval de las puertas de ciudad, con el intradós dispuesto en fajas para recibir hojas y rastrillos. La lista podría ser interminable, aun limitándonos a las conservadas; valgan como ejemplo el Arco de Santa María en Burgos, el Arco de la Cárcel en Lerma, o como caso singular de puerta no de ciudad sino de un barrio eclesiástico, la de las Canongías segovianas.

Decíamos al estudiar el *Capialzado cuadrado a regla*²¹ que las caras de lecho no eran planas, lo que complicaba en gran medida la construcción y daba lugar a imprecisiones. En cambio, en esta *Puerta cuadrada a regla*²² sí lo son, lo que simplifica la *traza* en buena medida [188]. Aranda comienza construyendo la planta del hueco, más compleja que la del *Capialzado cuadrado a regla*, pues además entre el *batiente* o faja que recibe la carpintería y el paramento hay otra franja, que Aranda llama *diente del dintel*; a continuación levanta el alzado en el que aparecen el dintel más bajo, C, el dintel del *batiente* F y el dintel alto H. Es de destacar que la línea I sirve de línea de coronación en ambos dinteles, por lo que el trasdós de la *puerta* es horizontal, al contrario de lo que ocurría en el *Capialzado cuadrado a regla*.

²¹ V. p. 13.

²² V. p. 27.

Figura 188. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 124.

Puerta cuadrada a regla

Una vez trazados la planta y el alzado del hueco, Aranda aborda la obtención de las *plantas por lecho* por el sencillo método de abatir con eje en la recta de punta **a**. Los puntos **n** y **c** del *diente del dintel*, que están sobre la recta, no se moverán. La recta de punta **b**, que corresponde al *batiente*, se transformará en una recta paralela al eje del abatimiento **a** y separada de él una distancia igual a **a b**. Dicho de otro modo, para obtener la imagen de los puntos de la recta **b** tomaras en su junta la distancia que hubiere desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño desviarás de su plomo desde el punto **c** al punto **d** y desde el punto **e** al punto **f**. De la misma manera, la recta de punta **g** se transforma en una paralela a **a** separada de ella una distancia **a g**; llevando esta distancia sobre **G** a partir de **h** obtenemos el punto **i**. La *tirantez g l* está contenida en un plano vertical perpendicular a la charnela, por lo que en el abatimiento se transforma en un segmento perpendicular al eje y por tanto contenido en la recta **G**; tomando **g l** del alzado y llevándola sobre **G** desde **i** obtenemos el vértice siguiente **m**. Del mismo modo obtenemos el extremo **o** de la *tirantez* correspondiente al otro paramento, tomando la longitud **a l** en el alzado y llevándola sobre **B** a partir de **n** y con esto hemos cerrado la *planta por lecho*.

Sorprende a nuestros ojos el último paso, puesto que al ser el trasdós horizontal, para nosotros sería más fácil trazar una perpendicular a **G** por **m**; el punto **o** estaría en la intersección de esta perpendicular con la línea de impostas del otro paramento. Pero no hemos de olvidar que estas *trazas* se realizaban en muchos casos a tamaño natural; parece más fácil tomar una medida sobre la línea de impostas que trazar una perpendicular con ayuda de una escuadra o construyendo la intersección de dos arcos.

Las *plantas por cara* se trazan por el procedimiento del *Capialzado cuadrado a regla*. Para ello se abate el plano inclinado del intradós alrededor de la línea que lo separa del *batiente*. Los puntos 1 y 3, situados sobre esta línea, no se desplazarán; el 2 se moverá sobre una perpendicular a **E** y lo podemos situar tomando su longitud de la *planta por lecho* correspondiente o de la simétrica, pues será igual a **f i**. Por el mismo procedimiento podemos construir el punto 4, pero todavía es más fácil trazar una paralela a **E** que pase por 2 y hallar su intersección con una perpendicular a **B**. Como en el *Capialzado cuadrado a regla* y otros tantos «cortes» simétricos, podemos reutilizar las *plantas por cara* y *por lecho* sin más que darles la vuelta.

Puerta viaje por testa a regla

Para trazar esta dicha puerta viaje por testa a regla le formarás la planta como parece entre los ángulos señalados con la **A** el lado de la dicha planta **B** sirve para el dintel de la parte de afuera entre las líneas **C D** y el lado de la planta **E** sirve para el dintel del capialzado entre las líneas **D F** y la distancia que hubiere entre las líneas **F G** es el capialzo que ha de tener el dicho capialzado y el batidero de las puertas será la distancia que hubiere entre las líneas **C G** y para sacar las plantas por lechos de esta dicha puerta se han de sacar desviando de los plomos que bajaren del diente de la dicha puerta el alto que tuviere el batidero de las puertas y el capialzado tomados por sus juntas como se hizo en la puerta cuadrada a regla a 123 planas de este libro y las plantas por caras se han de sacar echando el largo de las caras de las plantas por lechos desde adonde tocaren los plomos que basaren de la línea **G** en la línea **H** que vayan a parar a los plomos que bajaren del dintel del capialzado que es la línea **F** como se hizo en la dicha puerta cuadrada a regla a 123 planas de este libro

Aranda nos presenta aquí una variante esviada de la *Puerta cuadrada a regla* [189]. En el *Capialzado viaje por testa a regla*²³ las testas eran oblicuas entre sí; aquí son paralelas entre sí pero oblicuas a un plano imaginario a partir del cual se va a proyectar el dovelaje sobre los paramentos. Aranda da principio a la construcción trazando la planta del hueco con ayuda de dos planos paralelos a los paramentos que representan el *diente del dintel* y el *batiente*, análogos a los de la *Puerta cuadrada a regla*; después levanta el alzado con dintel bajo **C**, dintel del *batiente* **G**, dintel alto **F** y trasdós horizontal **D**.

A continuación, se aborda la construcción de las *plantas por lecho* abatiendo con eje una recta de punta. Sin embargo, existe una diferencia importante; en la *Puerta cuadrada a regla* la recta de punta era perpendicular a los planos de testa, por lo que los puntos situados en los planos de testa o en los dos planos intermedios que limitan el *batiente* no salían de su plano en el abatimiento, y se podía emplear una construcción que ya vimos en el *Arco viaje contra cuadrado por testa*²⁴ y que tiene su

²³ V. p. 18.

²⁴ V. p. 41 del Tomo II.

Figura 189. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 126.

Puerta viaje por testa a regla

anterior en el tratado de Philibert de L'Orme. En cambio, aquí la recta de punta es perpendicular al plano imaginario en el que se dibuja el alzado y por tanto, oblicua a las testas; como consecuencia, los puntos contenidos en los planos de testa se desplazarán en el abatimiento en un plano perpendicular a la recta de punta y por tanto saldrán del plano de testa; lo mismo pasará con los puntos contenidos en los planos intermedios.

Así, los dos puntos que definen el *diente del dintel*, que están sobre la recta de punta que hace de charnela, no se moverán. La recta de punta que corresponde al *batiente*, se transformará en una recta paralela al eje del abatimiento y separada de él por una distancia igual la que separa las intersecciones de C y G con la *tirantez*, pues en esto Aranda es claro:

las plantas por lechos de esta dicha puerta se han de sacar desviando de los plomos que bajaren del diente de la dicha puerta el alto que tuviere el batidero de las puertas y el capialzado tomados por sus juntas.

Ahora bien, el plano intermedio entre el *diente del dintel* y el *batiente* no es perpendicular a la charnela, por lo que el punto situado en la intersección del *batiente* y este plano se desplazará fuera del plano en el abatimiento; como el punto situado en la intersección del plano con el *diente del dintel* no se ha movido, el segmento que representa este plano intermedio en la *planta por lecho* estará fuera de la traza de su plano y será oblicuo a la charnela; el dibujo no refleja con claridad este punto, quizá por lo corto del segmento.

La recta de punta que corresponde a la intersección del plano inclinado del intradós con la testa también la podemos obtener del mismo modo; y del mismo modo que antes, el segmento que representa la testa en la *planta por lecho* será oblicuo al eje del abatimiento; aquí la figura sí recoge este extremo con claridad, lo que indica que a pesar del escaso detalle del dibujo, su autor ha comprendido correctamente la construcción. Para terminar obtendremos de la misma manera la recta que representa el trasdós, paralela a la charnela, y cerraremos la *planta por lecho*; del mismo modo obtendremos las *plantas por lecho* de todas de la dovelas de la *puerta*, pues aquí no cabe reutilizarlas al no existir simetría.

La construcción de las *plantas por cara* no presenta problemas difíciles, pues el intradós es plano, pero Aranda las traza por un procedimiento derivado del que se introdujo en el *Capialzado cuadrado a regla*²⁵ y lo que allí era correcto aquí es erróneo. Se abate el plano inclinado del intradós

²⁵ V. p. 13.

alrededor de la línea que lo separa del *batiente*; los puntos situados en la intersección **H** del plano inclinado con el *batiente* no se moverán; los situados sobre **E**, intersección del plano inclinado con la testa se desplazarán sobre una perpendicular a **H** y por tanto a **E**, pero esto no se percibe y se traza la *planta por cara* como si se desplazaran según una recta perpendicular al plano imaginario del alzado. Por tanto, los extremos de la planta se sitúan sobre una de esas rectas y a una distancia de los extremos situados sobre **H** que obtenemos de las *plantas por lecho*. Es decir, se está abatiendo cada junta de intradós por separado alrededor de dos charnelas diferentes paralelas al plano del alzado y no a la línea **H**; como consecuencia, la plantilla reproduce en verdadera magnitud las dos juntas de intradós, pero no la testa ni las diagonales.

Puerta de arco contra capialzado a regla

Para trazar esta dicha puerta de arco contra capialzado a regla le formarás la planta como parece entre los ángulos **A** el lado de la dicha planta **B** sirve para la testa de afuera que hace arco que es la distancia que hubiere entre la circunferencia **C** y la línea **D** y el lado de la dicha planta **E** sirve para la testa del dintel del capialzado entre la **D F** y la distancia que hubiere entre las líneas **F G** sirve para el capialzo que ha de tener el dicho capialzado y el batidero de las puertas será la distancia que hubiere entre la circunferencia **C** y la línea **G** y las plantas por lechos se han de sacar desviando de los plomos que bajaren del arco lo que tuviere el batidero de las puertas y el capialzo del capialzado tomados en sus juntas y echando los dichos tamaños de cuadrado como se hizo en la puerta cuadrada a regla a 123 planas de este libro como parece la planta por lecho **H** entre los puntos **a b c d e f g** que se sacó de la junta **I** y las plantas por caras se han de sacar echando el largo de las caras de las plantas por lechos desde adonde tocaren los plomos que bajaren de la línea **G** en la línea del batiente **L** que vayan a parar a los plomos que bajaren de la línea **F** como se hizo en la dicha puerta cuadrada a regla a 123 planas de este libro como parece en la planta por cara **M** entre los puntos **1 2 3 4** que se sacó para la pieza **N** y la planta que está entre los puntos **h i l m n o** es de la junta **O**

Figura 190. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 127.

Puerta de arco contra capialzado a regla

Esta *traza* es una variante de la *Puerta cuadrada a regla* con la particularidad de que el *diente del dintel* no adopta forma de dintel sino de arco, lo que da lugar a un importante aumento de la altura del conjunto de la *puerta*; por lo demás, el *batiente* sigue siendo adintelado, la mayor parte de la superficie de intradós sigue siendo un plano inclinado y las jambas se abren añadiendo la dificultad del abocinamiento [190].

El «corte» es similar en algunos sentidos a una *puerta* de Philibert de L'Orme, la única de su tratado,²⁶ con la diferencia de que en el *Premier tome* el *batiente* se resuelve mediante un arco escarzano. El maestro de Lyon nos da la razón de su uso:

Cuando los muros son muy gruesos y se quiere hacer la parte posterior del hueco adintelada, o en arco por delante, o por atrás, o rebajados, mostraré aquí la forma y figura de la *traza*, sin describirla más.

Aranda sí la explica; el método de construcción de las *plantas* es idéntico al empleado en la *Puerta cuadrada a regla*; comienza trazando la planta de la puerta, con la faja del arco, el *batiente* o superficie que ha de recibir la carpintería y el *capialzado*; después levanta el alzado en el que figuran el arco C, el *batidero* o franja vertical entre el arco y el *batiente*, el dintel alto F y el trasdós horizontal D.

A continuación, se aborda la construcción de las *plantas por lecho* abatiendo con eje en una recta de punta que viene dada por la intersección de la *planta por lecho* que se quiere obtener, en este caso I, y el arco C; para ello se toman distancias entre las intersecciones de la *tirantez* I con C y G, con C y F, con F y D y por último con C y D. Llevando esas distancias perpendicularmente a la charnela obtenemos respectivamente los puntos c y d, e, f y g; si les añadimos los a y b que no se desplazan en el abatimiento tendremos la *planta por lecho H entre los puntos a b c d e f g*

Una vez más, las *plantas por cara* se trazan por el procedimiento del *Capialzado cuadrado a regla*. Para ello se abate el plano inclinado del intradós alrededor de la línea L que lo separa del *batidero*. Los puntos 1 y 3, situados sobre esta línea, no se desplazarán; el 2 se moverá sobre una perpendicular a L y lo podemos fijar tomando su longitud de la *planta por lecho* correspondiente, o si queremos de la simétrica, pues será igual a d e. Podríamos construir el punto 4 por el mismo procedimiento, pero será más sencillo trazar una paralela a E que pase por 2 y hallar su intersección con una perpendicular a B. Como la *traza* es simétrica, podemos reutilizar las

plantas de una mitad de la *puerta* en la otra mitad simplemente usando la otra cara.

La única novedad de este «corte» figura en la última línea y pasa casi desapercibida: *la planta que está entre los puntos h i l m n o es de la junta O*. Debido a la gran altura de la *puerta* es necesario dividir la «piedra del fundamento» en dos hiladas, lo que hace necesario determinar la forma de la cara superior de la «piedra del fundamento», o si se prefiere, la cara de sobrelecho del sillar que apoya sobre ella. La construcción es elemental: basta tomar la planta del muro y extenderla hasta los puntos *h i*, que podemos construir bajando desde el alzado la intersección de la junta *o* con el arco *C*.

Capialzado cuadrado a regla en torre redonda

Para trazar este dicho capialzado cuadrado a regla en torre redonda le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos *A* y la figura *B* es el dintel que sirve de testa del dicho capialzado para sacar las plantas por lechos de las piezas de este dicho capialzado las sacarás de esta manera verás el capialzo que le quisieres dar al dicho capialzado y este tamaño sacarás en ángulo recto desde el punto *a* al punto *b* y a este dicho punto *b* tirarás la línea concurriente *C* desde el punto *d* la cual dicha línea concurriente *C* sirve de cara para todas las plantas por lechos supongo que quieres sacar la testa de la planta por lecho que sirve para la junta *D* bajarás por cuadrado los plomos de los cabos y de la mitad de la dicha junta señalados con las letras *e f g* que vengan a parar a la circunferencia redonda que sirve de testa *E* los cuales dichos plomos servirán para formar los desvíos que se desvían de cuadrado en la dicha circunferencia como parece en las figuras *h i* después tomarás en la planta el largo de la dicha junta desde el punto *l* al punto *m* y este tamaño echarás de cuadrado desde el punto *d* al punto *n* y de este dicho punto *n* sacarás en ángulo recto la línea en blanco *o* y lo que tuviere esta dicha línea en blanco desde el punto *n* al punto *p* eso capialza la dicha junta por la testa y para sacar la dicha testa al justo tomarás lo que desvía de la circunferencia el desvío *h* y este tamaño lo galgarás con la

²⁶ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 64 r.

Puerta de arco contra capialzado a regla

Figura 191. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 130.

línea en blanco **o** y la que se galgare será la línea en blanco **q** y después tomarás el desvío **i** y este tamaño lo galgarás con la dicha línea en blanco **q** y la que se galgare será la línea en blanco **r** y después tomarás en la junta **D** la distancia que hubiere desde el punto **s** al punto **t** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **p** y con la otra tocarás en la línea en blanco **q** en el punto **u** y después tomarás en la dicha junta la distancia que hubiere desde el punto **t** al punto **x** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **u** y con la otra tocarás en la línea en blanco **r** en el punto **y** y con una circunferencia extendida cogerás los dichos tres puntos **p u y** la cual dicha circunferencia servirá de testa de la dicha planta por lecho y de esta manera se han de sacar todas las demás testas de las dichas plantas por lechos para plantarlas al justo y las plantas por caras se han de sacar de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **F** tomarás en la línea **C** que son las caras de las plantas por lecho la distancia que hubiere desde el punto **d** al punto **p** y este tamaño echarás desde el punto **3** al punto **2** y después tomarás en la dicha línea **C** la distancia que hubiere desde el dicho punto **d** al punto **ç** y este tamaño echarás desde el punto **4** al punto **1** y de este dicho punto **1** al punto **2** circundarás la testa de la dicha planta por cara desde el punto donde se circundó la circunferencia redonda **E** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo y háse de advertir que las piezas de este dicho capialzado vienen a quedar por las caras a regla y borneo y va haciendo el dintel hacia enmedio una manera de subida en circunferencia por causa de lo que alargan más unas piezas que otras no puede quedar a nivel

En este «corte» se añade a las dificultades propias de los *capialzados* - abocinamiento, desnivel del plano de intradós y existencia de un *batiente* - la convexidad de uno de los paramentos del muro en el que se abre el hueco [191]. Aranda va a trazar todas las *plantas por lecho* apoyándose en el eje del hueco, como en el *Capialzado viaje por testa a regla* pero aquí el proceso se expone con más claridad.

Se da comienzo a la construcción trazando la planta del hueco, incluida la proyección del *batiente*, dividiendo el dintel bajo en cinco partes pero sin trazar las juntas de intradós por el momento. A continuación se levanta el

alzado del dintel alto, dividiendo su arista inferior en cinco partes y trazando *tiranteces* convergentes. Para trazar las juntas de intradós en planta bajaremos perpendiculares desde la arista inferior del dintel alto hasta encontrar el paramento convexo; desde las intersecciones de estas perpendiculares con E tiraremos las juntas de intradós hasta el dintel bajo que previamente habíamos dividido en cinco partes. Como en otras ocasiones, Aranda está sacando partido de un trazado que es alzado y planta al mismo tiempo.

Para obtener las *plantas por lecho* se comienza trazando el eje del arco; a partir de su intersección con el paramento E se levanta una perpendicular y sobre ella se lleva el *capialzo* a b o desnivel que queremos darle al capialzado entre los dos dinteles alto y bajo; y a continuación se traza el segmento d b que representa la sección de la superficie de intradós por el plano vertical que pasa por el eje del capialzado. Según Aranda, sobre esta línea se pueden construir todas las *plantas por lecho* tomando sobre ella las longitudes de las diferentes juntas de intradós.

El planteamiento es correcto, pero tiene implicaciones muy curiosas, como veremos más adelante. Una vez obtenida la recta d b, podemos comenzar a trazar *plantas por lecho*, por ejemplo la correspondiente a la junta de lecho D. Para ello llevaremos la distancia l m sobre el segmento d a, obteniendo el punto n; levantaremos por él una perpendicular a d a, que intersecta a d b en el punto p, que representa el vértice de la *planta por lecho* que corresponde al encuentro de la superficie de intradós y la testa.

En el *Capialzado viaje por testa a regla* el tercer vértice se obtenía empleando una diagonal, pero aquí se recurre a una construcción simplificada que de paso permite obtener la curvatura del lado de la *planta* que pertenece a la testa. Para ello se bajan verticales e f y g desde los puntos extremos x y s de la *tirantez* D, y dado que se trata de hallar la curvatura, también el punto medio t. A continuación se trazan perpendiculares al eje del capialzado por las intersecciones de e f y g con E y se toman las distancias entre ellas h e i.

Una vez hecho esto, trazaremos una primera paralela a o que llamaremos q, separada de ella una distancia igual a h, y una segunda paralela r separada de la primera una distancia i. A continuación se toma de la figura B la longitud s t de la primera mitad de la *tirantez* y se traza un arco con radio igual a s t y centro en p, que intersectará a la recta q en el punto u; por este punto ha de pasar el lado de la *planta por lecho* que representa la *tirantez*. Después tomaremos del alzado la distancia t x y

Capialzado cuadrado a regla en torre redonda

Capialzado cuadrado a regla en torre redonda

trazaremos un arco con centro en **u** y radio **t x**; en el punto **y** donde intersecte este arco a la línea **r** estará el vértice de la *planta por lecho* que corresponde al encuentro entre la testa y el trasdós; trazaremos la *tirantez* como un arco que pasa por **p**, **u** e **y**.

La construcción es bastante aproximada, pero no exacta, porque presupone dos giros sucesivos: se ha hecho girar el segmento **l m** con centro en **l** y después de una traslación en la que **l** pasa a **d**, se abate con eje en **d a**. Pues bien, al trasladar la distancia **h** de **m** a **p** se resuelven el primer abatimiento y la traslación perpendicular al eje como una sola traslación oblicua, lo que no es exacto; de todas formas, la incidencia práctica de esto será mínima en casi todos los casos al ser el ángulo que forman **l m** y **d a** de muy pequeña magnitud. Más trascendencia tiene tomar las distancias **s t** y **t x** del alzado como si estuvieran en verdadera magnitud, cuando sus extremos están en planos diferentes, pero puede deberse a un deseo de igualar las longitudes de las juntas de testa.²⁷

Como en otros casos, Aranda no nos dice nada de la construcción del trasdós, del dintel bajo ni del batiente, pero en el dibujo aparece el *batiente* limitado entre los segmentos **d l** y **A A** y la *tirantez* del dintel bajo contenida en el segmento **A A**. En los dos casos se ignora el primer giro, pues en él la *tirantez* del dintel bajo, y con ella el extremo del *batiente* salen del segmento **A A**; bien es cierto que por la poca longitud del *batiente* y la escasa magnitud del ángulo que forman **l m** y **d a** el error será muy pequeño.

Las *plantas por cara* se obtienen como en otras ocasiones, abatiendo las juntas de intradós alrededor de la línea **l 3**. Como en otras ocasiones, los puntos **4** y **3**, situados sobre esta línea, no se desplazarán; el **2** se moverá sobre una perpendicular a **l 3** y lo podemos situar tomando su longitud de la *planta por lecho* correspondiente o si preferimos de la simétrica, pues será igual a **d p**. Por el mismo procedimiento sería posible construir el punto **1**, pero Aranda recurre a una construcción que resuelve al mismo tiempo el problema de la curvatura de la testa, pues nos dice *de este dicho punto [2] al punto [1]*²⁸ *circundarás la testa de la dicha planta por cara desde el punto donde se circundó la circunferencia redonda E*.

²⁷ Cf. Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 98 v., 102 v., donde en casos análogos se toman las longitudes de la «cimbria» o desarrollo de la testa. V. también p. 113 del Tomo II.

²⁸ Aranda traza el arco de círculo desde el punto **1** al punto **2** utilizando la segunda *planta por lecho*; pero dado que lo que se ha expuesto es la construcción de la primera *planta por lecho*, nosotros preferimos proceder a la inversa, trazando el arco desde **2** a **1** para simplificar la exposición.

La construcción presupone que toda la arista inferior del dintel alto está contenida en un plano horizontal, pero el propio Martínez de Aranda se encarga de decirnos que *va haciendo el dintel hacia enmedio una manera de subida en circunferencia por causa de lo que alargan más unas piezas que otras no puede quedar a nivel*. Esto sucede porque todas las juntas de intradós tienen la misma pendiente al estar trazadas sobre la misma recta **d b**; como todas arrancan al mismo nivel del dintel bajo **4 l**, y las centrales son ligeramente más largas, sus extremos estarán algo más altos. El resultado será que la arista inferior del dintel alto será un arco de muy leve curvatura; pero los efectos de esto en las testas de las *plantas por cara* darán lugar a un error mínimo.

Resulta interesante comparar esta solución con la del *Cuaderno* de Juan de Portor y Castro [192]:²⁹ éste aborda la cuestión de un modo mucho más claro, pues admite sin ningún reparo que la superficie de intradós es un plano que intersectará al cilindro de testa según una elipse, y el capialzado no será *a regla*, sino que tendrá un dintel superior en arco elíptico muy rebajado. Una solución similar es la empleada por Ventura Rodríguez y sus colaboradores en el hueco de acceso a la iglesia del Sagrario de la catedral de Jaén [193].³⁰ Tanto una como otras se encontraban ya implícitas en el «Capialzado a regla en torre cavada» de Alonso de Vandelvira.³¹

La solución no debía de ser satisfactoria para Aranda, bien por algunas de las inexactitudes que se encuentran en la *traza* o bien por la falta de horizontalidad del dintel alto. Por tanto, el próximo «corte» es una solución alternativa al problema de capialzado en paramento convexo, el *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda diferente del pasado*, basada en diagonales; parece que la considera como más precisa, pues las figuras siguientes, desde el *Capialzado viaje por testa en torre redonda a regla* hasta el *Capialzado viaje por cara en torre cavada a regla* se resuelven también por diagonales.

²⁹ Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114, f. 101.

³⁰ Carlos SARTHOU CARRERES, y Pedro NAVASCUÉS PALACIO, *Catedrales de España*, Madrid, Espasa-Calpe, 1998, p. 151: Ventura Rodríguez traza la iglesia en 1761; en 1764 se nombra a Francisco Calvo como director, sustituido después por Manuel Godoy y Domingo Lois Monteagudo, mientras que Manuel Martín Rodríguez sucede a su tío Ventura; las obras finalizan en 1801.

³¹ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 45 v.; p. 51 y ss. de este Tomo III.

Copia brado angia entre Vedondo entra aua árido por plantas

Figura 192. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de arquitectura, f. 31 v.

Figura 193. Capialzado en el acceso a la iglesia del Sagrario de Jaén.

Capialzado cuadrado a regla en torre redonda diferente del pasado

Para trazar este dicho capialzado cuadrado a regla en torre redonda le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y la línea **B** es lo bajo del dintel que sirve de testa para el lado de la planta **D** y la distancia que hubiere entre las líneas **B C** es el capialzo que ha de tener el dicho capialzado y para sacar las plantas por lechos de las piezas de este dicho capialzado las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **E** que se sacó para la junta **F** tomarás en la planta el largo de la dicha junta desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño echarás en la línea **c** desde el punto **d** al punto **e** después tomarás el alto de su capialzo desde el punto **f** al punto **g** y este tamaño echarás en ángulo recto desde el dicho punto **e** al punto **h** y a este dicho punto **h** tirarás la cara de la dicha planta por lecho **E** desde el punto **d** y para sacar la testa de esta dicha planta por lecho tomarás la distancia que hubiere desde el punto **a** al punto **i** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **l** y con la otra tocarás en el punto **m** y teniendo fija la una punta del compás en el dicho punto **m** abrirás la punta contraria que vaya a parar al punto **n** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **d** y con la otra circundarás el pedazo de círculo **o** después tomarás la distancia que hubiere desde el punto **a** al punto **p** y este tamaño echarás desde el punto **q** al punto **r** y teniendo fija la una punta del compás en el dicho punto **r** abrirás el dicho compás que vaya a tocar con la punta contraria al punto **s** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **d** y con la otra circundarás el pedazo de círculo en blanco **t** después tomarás en la junta **F** la distancia que hubiere desde el punto **g** al punto **n** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **h** y con la otra tocarás en el pedazo de círculo tirado en blanco **o** en el punto **u** y después tomarás en la dicha junta **F** la distancia que hubiere desde el punto **n** al punto **s** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **u** y con la otra tocarás en el pedazo de círculo en blanco **t** en el punto **x** y con una circunferencia extendida cogerás los dichos tres puntos **h u x** la cual dicha circunferencia servirá de testa de la dicha planta por lecho y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos de este dicho capialzado para plantarlas al justo y las

plantas por caras se han de sacar con el largo de las caras de las plantas por lechos conforme se hizo en el capialzado precedente cuadrado en torre redonda a 128 planas de este libro y como parece en la planta por cara G que está entre los cuatro ángulos señalados con los números 1 2 3 4

Como decíamos al tratar el *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda*, la traza que ahora estudiamos es una solución alternativa al mismo problema que busca una mayor precisión mediante el uso de diagonales [194]. Aranda da comienzo a la construcción trazando la planta del *capialzado*, incluido el *batiente*, y dividiendo el dintel bajo en cinco partes pero sin trazar las juntas de intradós por el momento. Después se levanta el alzado, trazando el dintel alto, dividiendo su arista inferior en cinco partes y trazando *tiranteces* convergentes, como en el «corte» anterior; pero también se representa el dintel bajo. Para construir las juntas de intradós en planta bajaremos perpendiculares desde la arista inferior del dintel alto hasta encontrar el paramento *en torre redonda*; desde las intersecciones de estas perpendiculares con D llevaremos el dovelaje hasta el dintel bajo que tenemos dividido en cinco partes.

Se da comienzo a la obtención de las *plantas por lecho* construyendo el eje del arco; sobre el eje se lleva la longitud **a b** de la junta de intradós a partir de **d**, obteniendo el segmento **d e**; a partir de **e** se levanta una perpendicular a **d e** y sobre ella se lleva el *capialzo* **g f** o desnivel que queremos darle al capialzado entre los dos dinteles alto y bajo, obteniendo el punto **h**; y a continuación se traza el segmento **d h** que representa la junta de intradós en la *planta por lecho*. En la *traza* anterior, todas las juntas de intradós tenían igual pendiente; en ésta, todos tienen igual desnivel entre los extremos con independencia de su longitud, lo que simplifica las cosas en buena medida. La construcción equivale a proyectar el dintel alto en dirección horizontal hacia el paramento convexo; y por tanto, la proyección de la arista inferior del dintel alto, **B**, es un arco de círculo contenido en un plano horizontal.

Obtenido el segmento **d h** que representa la junta de intradós, vamos a construir la testa de la *planta por lecho*. Si la testa fuera recta nos bastaría con construir su extremo; pero como es curva, Aranda necesita obtener un punto intermedio para trazar la curva como si fuera un arco de círculo. Para ello va a obtener las distancias a los puntos **a** y **b** tanto del extremo de la testa **s** como de su punto medio **n**.

Figura 194. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 132.

Capiälzado cuadrado a regla en torre redonda diferente del pasado

Buscando construir la distancia entre **a** y **n**, Aranda baja una vertical desde **n** hasta encontrar el paramento curvo **D**, obteniendo así el punto **i**; a continuación lleva la distancia **a i** sobre la línea de impostas, partiendo de la proyección **l** del punto **n** para obtener **m**. Por tanto, **l m** será igual a **a i**; pero como el punto **i** es proyección de **n** podemos obtener la distancia entre **a** y **n** tomando la separación entre **m** y **n**, y trazar un arco de círculo **o** con centro en **d** y radio **m n**. Por un procedimiento análogo obtenemos la distancia entre **a** y **s**:

*después tomaras la distancia que hubiere desde el punto **a** al punto **p** y este tamaño echarás desde el punto **q** al punto **r** y teniendo fija la una punta del compás en el dicho punto **r** abrirás el dicho compás que vaya a tocar con la punta contraria al punto **s** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **d** y con la otra circundarás el pedazo de círculo en blanco **t***

También podríamos emplear un procedimiento análogo para obtener las distancias de **b** a **n** y **s**, pero dado que tenemos en alzado la proyección **g** del punto **b**, Aranda simplifica y toma **g n** y **g s** como verdaderas magnitudes de los segmentos que representan, lo que no es exacto porque los tres puntos no están en un mismo plano frontal, pero puede deberse a una intención deliberada de igualar las longitudes de las juntas de testa. Así, trazando un arco con radio **n g** y centro en **h** y hallando su intersección con el arco **o**, que es el lugar geométrico de los puntos que distan de **d** una longitud **a n**, obtenemos el punto **u**, representación del punto medio de la testa en la *planta por lecho*; del mismo modo trazando un arco con radio **n s** y centro en **u** y hallando su intersección con el arco **t**, obtenemos el punto **x** que representa el extremo de la testa. Uniendo con un arco de círculo los tres puntos **h u x** construiremos la testa de la *planta por lecho*.

Como en tantas ocasiones, Aranda no nos dice nada de la construcción del trasdós, del dintel bajo ni del batiente; y como en otros casos, vemos en el dibujo el *batiente* entre **a 3** y **A A** y la junta del dintel bajo sobre el segmento **A A**. Esto quiere decir que se ignora el primer giro, el que nos ha permitido pasar de **a b** a **d e**, pues en este giro la *tirantez* del dintel bajo, y con ella el extremo del *batiente* salen del segmento **A A**; probablemente Aranda acepta estas simplificaciones porque la escasa longitud del *batiente* y la poca magnitud del ángulo entre **a b** y **d e** hacen que la imprecisión sea insignificante.

Para construir las *plantas por cara* se abaten las juntas de intradós alrededor de la línea **a 3**. Como en otros casos, los puntos **4** y **3**, situados sobre esta línea, no se desplazarán; el **2** se moverá sobre una perpendicular a **a 3** y lo podemos situar tomando su longitud de la *planta por lecho* ya que es igual a **d h**. Por el mismo procedimiento sería posible construir el punto

1, pero Aranda recurre a un método que introdujo en la primera solución al *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda* que le permite resolver también el problema de la curvatura de la testa: *de este dicho punto 1 al punto 2 circundarás la testa de la dicha planta por cara desde el punto donde se circundó la circunferencia redonda E*.

Aunque no sea exacta en todo rigor, puesto que se ignora el alabeo de la cara y se abate cada arista por separado, con lo que disponemos en verdadera magnitud de las dos juntas de intradós y de las dos diagonales pero no de la testa, la solución es más precisa que la del primer *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda*. Allí la arista inferior del dintel alto no estaba contenida en un plano horizontal; aquí sí lo está, y por tanto es un arco con el mismo radio que el cilindro del paramento y centro en su eje. Por tanto hay que entender esta *traza* como un intento de superar las soluciones que presentan una ligera curvatura en el dintel alto, resultado de la intersección de un plano inclinado con un cilindro, que ya se conocían en tiempos de Aranda, pues Alonso de Vandelvira expone una de ellas en su «Capialzado a regla en torre cavada».³²

Capialzado viaje por testa en torre redonda a regla

Para trazar este dicho capialzado viaje por testa en vuelta redonda le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y formarás el dintel que sirve de testa para el lado redondo de la planta **C** y la distancia que hubiere entre las líneas **B D** es el capialzo que ha de tener el dicho capialzado y las plantas por lechos de las piezas de este dicho capialzado las sacarás extendiendo las juntas de la planta con las alturas del capialzo y plomos que bajaren de las juntas del dintel como se hizo en el capialzado cuadrado a regla en torre redonda a 131 planas de este libro como parece la planta por lecho **E** que se sacó para la junta **F** y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos como se hizo en el capialzado cuadrado a regla en torre redonda a 128 planas de este libro como parece en la planta por cara **G** que se sacó para la pieza **H**

Hemos visto cómo Martínez de Aranda nos ofrece dos soluciones para el problema de un capialzado en el que el paramento del dintel alto es

Figura 195. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 134.

Capialzado viaje por testa en torre redonda a regla

convexo. La primera de ellas se basa en proyecciones diédricas y la segunda en el uso de diagonales; parece que Aranda prefiere la segunda porque en el resto de capialzados con paramentos cóncavos o convexos opta por este tipo de soluciones.

Así resuelve el *Capialzado viaje por testa en torre redonda a regla*, es decir, el capialzado en el que el eje del cilindro del paramento convexo y el eje del capialzado se cruzan y no se cortan [195]; la solución es exactamente la misma que la del *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda diferente del pasado* sin más diferencias que las provocadas por la asimetría. Se da comienzo al trazado construyendo la planta del *capialzado* con su *batiente*, y dividiendo el dintel bajo en cinco partes sin trazar las juntas de intradós por el momento. Después se levanta el alzado, construyendo el dintel bajo y el alto, dividiendo la arista inferior de este último en cinco partes y trazando juntas de lecho convergentes, como en el «corte» anterior. A continuación construiremos las juntas de intradós en planta bajando perpendiculares desde la arista inferior del dintel alto hasta encontrar el paramento *en torre redonda* y llevando líneas desde las intersecciones de estas perpendiculares con C hasta el dintel bajo que teníamos dividido en cinco partes.

Para construir las *plantas por lecho* se traza el eje del capialzado y se lleva sobre él la longitud de la proyección horizontal de la junta de intradós; a partir del extremo del segmento obtenido así se levanta una perpendicular al eje y sobre ella se lleva el *capialzo* o desnivel que queremos darle al capialzado entre los dos dinteles alto y bajo, D y B; a continuación se traza el segmento que representa la junta de intradós en la *planta por lecho*.

A continuación, vamos a construir la testa de la *planta por lecho*. Si fuera recta nos bastaría con encontrar su extremo; pero como es curva, Aranda necesita obtener un punto intermedio para trazar la curva como si fuera un arco de círculo, por lo que va a obtener las distancias al primero y segundo vértice de la *planta por lecho* tanto del extremo de la testa como de su punto medio. Para ello, baja una vertical desde el extremo de la testa hasta encontrar C, y a continuación lleva la distancia entre esta intersección y el otro extremo de la junta de intradós sobre la línea de impostas. Formando un triángulo rectángulo con esta longitud y el desnivel entre el extremo de la testa y la línea de impostas tendremos la distancia del extremo de la testa al primer vértice en verdadera magnitud. Sería posible emplear un método similar para obtener la longitud de la *tirantez*, pero

³² Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 45 v.; p. 51 y ss. de este Tomo III.

Aranda toma sin más esta longitud del alzado, sin tener en cuenta que los dos extremos no están en el mismo plano; esta construcción se repite sistemáticamente en los *Cerramientos* y parece obedecer a una voluntad de regularizar las testas igualando la longitud de las *tiranteces*. En cualquier caso, con la longitud de la diagonal y la longitud aproximada de la testa traza dos arcos con centro en el primer y el segundo vértice de la *planta por lecho* respectivamente y en su extremo estará el tercer vértice de la *planta por lecho* para Aranda.

Del mismo modo obtendremos la imagen del punto medio de la testa; y uniendo con un arco de círculo el segundo vértice, el punto medio y el tercer vértice, tendremos la testa de la *planta por lecho*. Tampoco nos dice nada aquí Martínez de Aranda de la construcción del trasdós, del dintel bajo ni del batiente.

Las *plantas por cara* se construyen abatiendo las juntas de intradós alrededor de la línea que separa el *batiente* de la superficie de intradós. Los puntos situados sobre esta línea, no se desplazarán, mientras que los correspondientes a la testa se moverán sobre una perpendicular a esta línea, por lo que los podremos fijar tomando su longitud de la *planta por lecho* apropiada; como en la traza anterior, la construcción no es rigurosamente exacta porque la cara no es plana, pero el error será por lo general despreciable. Aquí surge la única diferencia significativa con el *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda diferente del pasado* ya que allí se podía hacer uso de la simetría y obtener tan solo la mitad de las *plantas*, mientras que aquí la figura es asimétrica, por lo que es preciso obtener todas las *plantas*.

Capialzado viaje por cara a regla en torre redonda

Para trazar este dicho capialzado en viaje por cara a regla le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y le formarás el dintel **B** que sirve de testa para el lado Redondo de la planta **C** y la distancia que hubiere entre las líneas **B D** es el capialzo que ha de tener el dicho capialzado y las plantas por lechos de las piezas de este dicho capialzado se han de sacar extendiendo las juntas de la planta con las alturas del capialzo y plomos que bajaren de las juntas del dintel como se hizo en el capialzado cuadrado a regla en torre redonda a 131 planas de este libro como parece la planta por lecho **E** que se saco para la junta **F** y las

Figura 196. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 135.

Capialzado viaje por cara a regla en torre redonda

plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos como se hizo en el capialzado cuadrado a regla en torre redonda a 128 planas de este libro como parece en la planta por cara G que se saco para la pieza H

Aquí se plantea Martínez de Aranda resolver un problema relacionado con los anteriores: el capialzado abierto en un muro de paramento convexo de forma que el eje del capialzado no se corta con el eje del cilindro del paramento, como en el *Capialzado viaje por testa en torre redonda a regla*; y además este eje del capialzado es oblicuo respecto a la testa plana. En los dos capialzados *a regla en torre redonda*³³ Aranda ofrecía sendas soluciones para el problema de un capialzado en muro con paramento curvo. La primera de ellas se basa en proyecciones ortogonales y la segunda en el uso de diagonales; parece que Aranda prefiere la segunda porque en el resto de capialzados con paramentos cóncavos o convexos opta por este tipo de soluciones. Así es como se resuelve este *Capialzado viaje por cara a regla en torre redonda* [196]; la solución es exactamente la misma que la del *Capialzado viaje por testa a regla en torre redonda*, sin que éste que estamos estudiando ofrezca ninguna novedad; su inclusión sólo puede deberse a razones didácticas.

La construcción comienza trazando la planta del *capialzado* con su *batiente*, y dividiendo el dintel bajo en cinco partes, probablemente por la construcción basada en el teorema de Tales que expone De L'Orme,³⁴ sin trazar las juntas de intradós por el momento. Después se levanta el alzado, trazando los dos dinteles, bajo y alto, repartiendo la arista inferior de este último en cinco partes y disponiendo juntas de lecho convergentes, como en otras *trazas*. Después construiremos las juntas de intradós en planta llevando perpendiculares desde la arista inferior del dintel alto hasta encontrar el paramento convexo y trazando líneas desde sus intersecciones con C hasta el dintel bajo que antes habíamos dividido en cinco partes.

Daremos comienzo a la construcción de las *plantas por lecho* trazando una perpendicular a la testa plana y tomando sobre ella la longitud de la junta de intradós; a partir del extremo del segmento así definido levantaremos una perpendicular sobre ella la que llevaremos el *capialzo*, esto es, la diferencia de cotas que ha de tener el capialzado entre los dos dinteles

³³ V. pp. 34-42.

³⁴ V. p. 168 y ss. del Tomo I.

alto y bajo, **D** y **B**; y así trazaremos el segmento que representa la junta de intradós en la *planta por lecho*.

A continuación vamos a obtener la testa de la *planta por lecho*, que será curva por tratarse de la sección del cilindro del paramento por un plano que no es vertical y por tanto no es paralelo a las generatrices. Por ello, Aranda necesita obtener un punto intermedio en el que apoyarse para trazar la curva como si fuera un arco de círculo, por lo que va a obtener las distancias a los extremos de la junta de intradós tanto del extremo de la testa como de su punto medio. Lo hace construyendo una diagonal de la *planta por lecho*, para lo que lleva la longitud de la junta de intradós sobre la línea de impostas y forma un triángulo rectángulo con esta longitud y el desnivel entre el extremo de la testa y la línea de impostas, con lo que tiene la distancia del extremo superior de la testa al primer vértice representada en verdadera magnitud.

Se podría utilizar una construcción similar para obtener la longitud de la testa, pero Aranda aplica una construcción simplificada y toma la testa F directamente del alzado; con la longitud de la diagonal y la longitud de la testa traza dos arcos con centro en el primer y el segundo vértice de la plantilla de lecho respectivamente y en su extremo estará el tercer vértice de la *planta por lecho* para Aranda. La solución no es exacta porque los dos extremos no están en el mismo plano, pero puede deberse como en otros muchos casos a la intención de igualar las juntas de testa.³⁵

De igual manera se obtiene la imagen del punto medio de la testa en la *planta por lecho*; y uniendo con un arco de círculo el segundo vértice, el punto medio y el tercer vértice, podremos construir la testa de la *planta por lecho*. Como en el resto de las *trazas* de esta familia, no se dice nada del trasdós, del dintel bajo ni del *batiente*.

Las *plantas por cara* se trazan como en otras ocasiones abatiendo las juntas de intradós con charnela en la línea que separa el *batiente* de la superficie de intradós. Los puntos situados sobre la charnela no se desplazarán, mientras que los de la testa se mantendrán en una perpendicular a esta línea, por lo que los podremos situar tomando la longitud de la junta de intradós de la *planta por lecho* correspondiente o, si no nos interesa trazarla completa, simplemente construyendo la junta de intradós en verdadera magnitud. Dado que la cara de intradós no es plana, la plantilla así obtenida representa correctamente las dos juntas de intradós

³⁵ V. p. 113 del Tomo II.

y las dos diagonales de la cara y falsea la testa, aunque el alabeo es ligero y el falseo será inapreciable en general.

Puerta en torre cavada contra capialzado en torre redonda a regla

Para trazar esta dicha puerta en torre cavada contra capialzado en torre redonda le formarás la planta como parece entre los ángulos **A** y la circunferencia cavada **B** es el lado de la planta que sirve para el dintel de la puerta que es la distancia desde la línea **C** a la línea **D** y la circunferencia redonda **E** es el lado de la planta que sirve para el dintel del capialzado que es la distancia que hubiere en la montea entre las líneas **D F** y el capialzo que ha de tener el dicho capialzado será la distancia que hubiere en la montea entre las líneas **F G** y el batidero de las puertas será la distancia que hubiere entre las líneas **C G** y la distancia que hubiere en la planta entre las líneas **H I** es el batiente del capialzado y para sacar las plantas por lechos de las piezas de esta dicha puerta las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **L** que sirve para la junta **M** bajarás de cuadrado los plomos de los cabos y mitad de la dicha junta que vayan a parar a la circunferencia cavada **B** después tomarás en la dicha junta la distancia que hubiere desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño galgarás con el plomo **c** y la que se galgare será la línea **d** y después tomarás en la dicha junta la distancia que hubiere desde el punto **b** al punto **e** y este tamaño galgarás con la línea **d** y la que se galgare será la línea **f** después tomarás en el plomo que bajo de la mitad de la dicha junta la distancia que hubiere desde el punto **g** al punto **h** y este tamaño echarás en la línea **d** desde el punto **i** al punto **l** y después tomarás en el plomo que bajo del tardos de la dicha junta la distancia que hubiere desde el punto **m** al punto **n** y este tamaño echarás en la línea **f** desde el punto **o** al punto **p** y con una circunferencia extendida cogerás los dichos tres puntos **p l q** la cual dicha circunferencia servirá de testa de la dicha planta por lecho para el dintel de la puerta y para sacar la testa contraria que sirve para el dintel del dicho capialzado bajarás por cuadrado los tres plomos señalados con los números **1 2 3** que vayan a tocar a la circunferencia redonda **E** y después tomarás en la dicha junta la distancia que hubiere desde el punto **4** al punto **5** y este tamaño galgarás con el plomo **c** y la

que se galgare será la línea *r* y después tomarás en el plomo 1 la distancia que hubiere desde el punto 6 al punto 7 y este tamaño echarás en el plomo *r* desde el punto *s* al punto *t* y a este dicho punto *t* tirarás la cara de la dicha planta por lecho *L* desde el punto (**trébol**) dejándole el batiente que pidiere la junta en la planta y en la monte y después tomarás en la dicha junta la distancia que hubiere desde el punto 5 al punto 8 y este tamaño galgarás con la línea *r* y la que se galgare será la línea *u* y después tomarás en la dicha junta la distancia que hubiere desde el punto 8 al punto 9 y este tamaño galgarás con la línea *u* y la que se galgare será la línea *x* y después tomarás en el plomo *r* la distancia que hubiere desde el punto 10 al punto 11 y este tamaño echarás en la línea *u* desde el punto *y* al punto *ç* después tomarás en el plomo 3 la distancia que hubiere desde el punto 12 al punto 13 y este tamaño echarás en la línea *x* desde el punto *o* al punto (**cruz**) y estos dichos tres puntos *t ç* (**cruz**) cogerás con una circunferencia extendida la cual dicha circunferencia servirá de testa para el dintel del capialzado y tirando sus líneas de unos puntos a otros quedará formada la dicha planta por lecho como parece entre los ángulos *p q* (*t ansata*) (**cuadrifolio**) (**trébol**) *t* (**cruz**) y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lecho para plantarlas al justo y para sacar las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara *N* tomarás el largo de la cara de la planta por lecho *L* desde el punto *t* al punto (**trébol**) y este tamaño echarás desde el punto 14 al punto 15 después tomarás el largo de la planta por lecho *O* desde el punto 16 al punto 17 y este tamaño echarás desde el punto 18 al punto 19 y del punto 15 al punto 19 circundarás la testa de la dicha planta por cara con la circunferencia de la vuelta redonda *E* y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y formarás la dicha planta por cara como parece entre los ángulos 14 15 18 19 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo

A pesar de lo extenso del texto y del derroche de notación - se trata de la única traza en la que Aranda precisa el alfabeto completo, cuatro símbolos especiales y quince números - nos encontramos ante un corte conceptualmente simple [197]. El problema es el de la *Puerta cuadrada a regla*: se trata de un hueco de planta y sección complejas, donde antes del

Figura 197. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 138.

Puerta en torre cavada contra capialzado en torre redonda a regla

batiente o faja que recibe la carpintería y el capialzado propiamente dicho, encontramos otra faja horizontal que en la *Puerta cuadrada a regla* se denominaba *diente del dintel*. Una vez trazada la planta se levanta la *montea* o alzado en el que aparecen el dintel más bajo, C, el dintel del *batiente* G y el dintel alto F; como en otras *puertas* la línea I sirve de coronación en los dos dinteles, por lo que el trasdós es horizontal, al contrario de lo que sucede en los capialzados.

Hecho esto se puede pasar a obtener las *plantas por lecho*, que son planos de canto como en las *puertas* que hemos visto hasta ahora, lo que simplifica mucho el proceso, pues si queremos hallar la *planta* M no tendremos más que abatir con eje en la recta de punta a. El punto q, que está sobre a, no se moverá. La recta de punta e, paralela a a, se transformará en una línea f paralela a c que distará de ella una distancia a e. El extremo de la junta de testa se moverá en un plano perpendicular al eje del abatimiento, por lo que mantendrá la distancia a la línea C, perpendicular también al eje; podemos tomar esta distancia de la planta en m n y llevarla sobre f a partir de o para obtener el punto p, que es el vértice de la *planta por lecho* que buscamos.

Ahora bien, el lado p q de la *planta por lecho* no es recto, pues se trata de la intersección del cilindro del paramento con un plano inclinado. Para determinar su curvatura y trazarlo como un arco de círculo, Aranda va a obtener el punto medio de p q por el mismo método por el que obtiene p; toma la longitud a b de la *montea* y la lleva a la línea de impostas C para obtener la recta abatida d; después tomará la longitud g h de la planta y la llevará sobre d para obtener el punto medio l de la *tirantez*; y después traza el arco de círculo q l p que representa la *tirantez*.

De la misma forma construiremos la otra testa. Dado que el trasdós es horizontal, su extremo superior estará en la línea f y a una distancia 12 13 de la línea de impostas, que obtendremos de una construcción realizada en la otra mitad de la planta «por no entoscar la traza» como diría Vandelvira. Tomando la distancia 4 5 de la *montea* y llevándola sobre la línea de impostas desde a, obtenemos la recta r, sobre la que estará el vértice t de la *planta* a una distancia 6 7 de la línea de impostas, que tomamos del otro lado de la planta; el punto medio lo construimos tomando del alzado 5 6, llevándolo desde la intersección entre C y r para obtener y, bajando una perpendicular u y tomando sobre ella la distancia 10 11; obtenidos los tres puntos, construimos la testa uniéndolos con un arco de círculo.

Para terminar la *planta por lecho* todavía tenemos que construir el complejo intradós, que se compone de tres planos y una superficie reglada. Aranda no nos dice nada al respecto, lo que en un primer momento parece sorprendente, pues si bien muchas veces desdeña los trasdoses, hasta ahora siempre había prestado la máxima atención a las *caras*. Pero si comparamos este «corte» con la *Puerta cuadrada a regla*, veremos que allí está bien expuesta una solución mucho más simple de lo que podríamos esperar. La recta de punta que corresponde al *batiente* se transformará en una recta paralela al eje del abatimiento *c* y separada de él una distancia igual a la que hay en el alzado entre *a* y la intersección de *M* y *G*; la intersección de esta recta con *H* e *I* nos dará los puntos (*cuadrifolio*) y (*trébol*) que representan los extremos del *batiente*; y el punto (*t ansata*) del *diente del dintel* no se moverá porque está sobre la recta *a* que es el eje del abatimiento. Uniendo los puntos *t* (*trébol*) (*cuadrifolio*) (*t ansata*) *I* tenemos la sección del intradós y con eso cerramos la *planta por lecho*.

Las *plantas por cara* se trazan por el procedimiento que se introdujo en el *Capialzado cuadrado a regla*. Para ello se abate el intradós alrededor de la línea *I* que lo separa del *batiente*. Los puntos *14* y *18*, situados sobre esta línea, no se desplazarán; el *18* se moverá sobre una perpendicular a *I* y lo podemos situar tomando su longitud de la *planta por lecho* simétrica *M*, pues será igual a *t* (*trébol*). Podemos obtener la testa *15 19* teniendo en cuenta que la arista inferior de los dinteles se obtiene simplemente proyectando la *montea* sobre el cilindro del paramento en dirección horizontal, como se hacía en el *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda diferente del pasado* y no según la compleja operación del primer *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda*.³⁶ El arco *15 19* es una sección del cilindro del paramento por un plano horizontal, y por tanto perpendicular a su eje; como consecuencia, será un arco de igual radio que el cilindro del paramento y centro en su eje; podemos aprovechar esto para trazarlo *con la circunferencia de la vuelta redonda E*.

El problema es que, tal como sucedía pasaba en el segundo *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda*,³⁷ las juntas de intradós tienen el mismo *capialzo* o desnivel entre extremos, pero no la misma pendiente, por lo que la superficie comprendida entre el arco *E* y la línea *I* no es un plano, y el punto *15* no representa exactamente un vértice de la dovela. Ahora bien, teniendo en cuenta que lo que Martínez de Aranda busca en estos casos no

³⁶ V. p. 34.

³⁷ V. p. 39.

Puerta en torre cavada contra capialzado en torre redonda a regla

Figura 198. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 140.

es el desarrollo de la cara de la dovela, sino su proyección sobre un plano que le permita labrarla con ayuda de una plantilla rígida, se comprende que lo que está obteniendo aquí es la proyección de la cara de la dovela sobre el plano definido por los tres puntos 14 18 y 19, con una construcción muy aproximada y un error despreciable en la práctica.

Capialzado cuadrado en torre cavada a regla

Para trazar este dicho capialzado cuadrado en torre cavada a regla le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** la figura **B** es dintel que sirve de testa para el lado cavado de la planta **C** y la distancia que hubiere entre las líneas **B D** es el capialzo que ha de tener el dicho capialzado para sacar las plantas por lechos de este dicho capialzado las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **E** que se sacó para la junta **F** tomarás en la planta el largo de la dicha junta desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño echarás en la línea en blanco **c** desde el punto **d** al punto **e** después tomarás el alto de su capialzo desde el punto **f** al punto **g** y este tamaño echarás en ángulo recto desde el punto **e** al punto **h** y a este dicho punto **h** tirarás la cara de la dicha planta por lecho desde el punto **d** y para sacar la testa de esta dicha planta por lecho pondrás la una punta del compás en el punto **a** y con la otra tocarás en el punto **i** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **l** y con la otra tocarás en el punto **m** y teniendo fija la una punta del compás en el dicho punto **m** abrirás el dicho compás que vaya con la otra punta a tocar al punto **n** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **d** y con la otra punta circundarás un pedazo de círculo en blanco **o** después tomarás la distancia que hubiere desde el punto **a** al punto **p** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **q** y con la otra tocarás en el punto **r** y teniendo fija la una punta del compás en el dicho punto **r** abrirás el dicho compás que vaya a tocar con la punta contraria al punto **s** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **d** y con la otra punta circundarás un pedazo de círculo en blanco **t** después tomarás en la dicha junta la distancia que hubiere desde el punto **g** al punto **n** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **h** y con la otra tocarás en el pedazo de círculo en blanco **o** en el

punto **u** después tomarás en la dicha junta la distancia que hubiere desde el punto **n** al punto **s** y con este tamaño pondrás la una punta de compás en el punto **u** y con la otra tocarás en el pedazo de círculo en blanco **t** en el punto **x** y con una circunferencia extendida cogerás los dichos tres puntos **h u x** la cual dicha circunferencia extendida servirá de testa para la dicha planta por lecho **E** que está entre los ángulos **d h x** y **ç** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo y las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **G** tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **E** desde el punto **d** al punto **h** y este tamaño echarás desde el punto **1** al punto **2** después tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **H** desde el punto **d** al punto (**cruz**) y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **3** y con la otra tocarás en el punto **4** y desde este dicho punto **4** al punto **2** circundarás la testa de la dicha planta por cara con la circunferencia cavada **C** y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas con las cuales quedará formada la dicha planta por cara como parece entre los ángulos **1 2 3 4** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo

Decíamos al examinar el *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda* que se daban dos soluciones, una imprecisa basada en el uso de proyecciones diédricas y otra más evolucionada basada en diagonales. Aranda parecía reconocer esta última como más precisa y la usaba en el resto de las trazas de la misma familia. Aquí tenemos un nuevo ejemplo: este *Capialzado cuadrado en torre cavada a regla* es una variante del *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda* en el que el paramento no es convexo sino cóncavo, resuelta mediante el uso de diagonales [198].

Se da comienzo a la construcción trazando la planta del hueco, incluido el *batiente*, y dividiendo el dintel bajo en cinco partes sin trazar las juntas de intradós por el momento. Después se levanta la *montea*, construyendo el dintel alto, dividiendo su arista inferior en cinco partes y trazando juntas de testa convergentes, y también se representa el dintel bajo. Para construir en planta las juntas de intradós bajamos perpendiculares desde la arista inferior del dintel alto hasta el paramento *cavado* y desde las intersecciones de estas perpendiculares con **C** llevamos las juntas de intradós hasta el dintel bajo que antes habíamos repartido en cinco partes.

Capialzado cuadrado en torre cavada a regla

Figura 199. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 45 v.

Figura 200. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de arquitectura, f. 32 v.

Para obtener las *plantas por lecho* comenzaremos construyendo el eje del capialzado, sobre el que llevaremos la longitud **a b** de la junta de intradós a partir de **d** hasta **e**; a partir de **e** levantaremos una perpendicular al eje sobre la que llevaremos el *capialzo* o desnivel **g f** para obtener el segmento **d h** que representa la junta de intradós. Hecho esto pasamos a construir la testa de la *planta por lecho*; si fuera recta nos bastaría con obtener el extremo, pero como es curva, necesitaremos obtener un punto intermedio para trazarla como un arco de círculo. Una solución para esto es obtener las distancias a los puntos **a** y **b** tanto del extremo de la testa **s** como de su punto medio **n**.

Para construir la distancia entre **a** y **n** podemos bajar una vertical desde **n** que encontrará a **C** en el punto **i** y llevar la distancia **a i** sobre la línea de impostas, partiendo de la proyección **l** del punto **n** para obtener el punto **m** cuya distancia a **n** será la verdadera magnitud de **a n**. Por el mismo procedimiento podemos obtener la distancia **r s** que equivale a **a s** en verdadera magnitud.

Como en otras *trazas* Aranda renuncia a obtener la verdadera magnitud de **g n** y **g s**, que podía haber construido del mismo modo y las toma directamente del alzado, lo que es inexacto porque estos puntos no están en un mismo plano vertical. Esta decisión puede derivar de una intención de igualar las longitudes de las juntas de testa, pero si es así, la idea se lleva al extremo, pues no se construye el punto **x** directamente desde **h**, sino que primero se construye **h u** y después, partiendo desde **u**, se traza **x**. De esta manera, al acortamiento que sufre **h x** al trabajar con su proyección y no en verdadera magnitud se suma otro acortamiento perfectamente evitable. El segmento **h u** es igual a **n g** y **u x** es igual a **n s**; pero la distancia **x h** es más corta que la longitud de **s g** al ser **x h** una línea quebrada, lo que se podría evitar trazando el punto **x** directamente desde el **h**, basándose en el segmento **s g**.

Para construir las *plantas por cara* se abaten las juntas de intradós alrededor de la línea **a 3**, como en otras ocasiones; los puntos **1** y **3**, situados sobre esta línea, no se moverán, mientras que el **4** se moverá sobre una perpendicular a **a 3** y lo podemos situar tomando su longitud de la *planta por lecho* ya que es igual a **d h**. De la misma manera podríamos construir el punto **2**, pero Aranda recurre a un procedimiento que ya hemos visto varias veces, basándose en que la arista inferior del dintel alto al ser una línea horizontal proyectada en dirección horizontal sobre un cilindro de eje vertical, está contenida en un plano horizontal, y por tanto

es un arco con el mismo radio que el cilindro del paramento y centro en su eje.

Sin embargo, aquí surge un problema. El arco **a 4** tiene originalmente el mismo centro y radio que **E**, pero al desplazarse en el abatimiento ya no puede tener **simultáneamente** ambas cosas. La redacción de Aranda no es un modelo de claridad: *circundarás la testa de la dicha planta por cara con la circunferencia cavada C*. Esto puede interpretarse en dos sentidos: **con el radio** de **C** o **desde el centro** de **C**. Las dos condiciones no se pueden cumplir simultáneamente, porque **2** no está sobre **c**, pero sí por separado. La solución correcta es **con el radio** de **C** pues el radio de **2 4** no se modifica en el abatimiento, pero su posición relativa al eje del cilindro del paramento sí. Pero no podemos estar seguros de que esa sea la solución adoptada por Aranda, máxime cuando en el *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda* nos dice claramente que *de este dicho punto 1 al punto 2 circundarás la testa de la dicha planta por cara desde el punto donde se circundó la circunferencia redonda E*; si bien es cierto que allí el problema era diferente al no ser una línea horizontal el dintel alto.

En cualquier caso, dado que los segmentos **1 2** y **3 4** se han abatido de forma independiente, la *planta por cara* conserva la verdadera magnitud de estas juntas de intradós y de las dos diagonales **3 2** y **1 4**, pero no de la testa; de todas formas, los efectos prácticos de esta inexactitud serán despreciables.

Es de interés confrontar la solución de Aranda con las que ofrecen para el mismo problema Alonso de Vandelvira y Juan de Portor y Castro [199, 200].³⁸ El maestro de Sabiote deja bien claro que «para haber de sacar las saltarreglas háse de ver los capialzos de las mochetas porque como se van acortando las plantas con el torre cabo van capialzando menos», cosa que sucede porque la intersección del plano de intradós con el paramento cilíndrico es una elipse. El efecto se aprecia con claridad en el dibujo de Portor y Castro: al contrario de lo que sucedía en el capialzado *en torre redonda*, el dintel desciende en la clave; no es sorprendente que Aranda fuerce a la superficie de intradós a pasar por un arco de círculo horizontal para evitar este extraño resultado.

³⁸ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 45 v.; Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114, f. 101.

Figura 201. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 142.

Figura 202. Capialzado en el paso del zagúan occidental al patio del palacio de Carlos V en Granada.

Capialzado en torre cavada viaje por testa a regla

Capialzado en torre cavada viaje por testa a regla

Para trazar este dicho capialzado viaje por testa en torre cavada a regla le formarás la planta como parece entre los ángulos A y la figura B es dintel del dicho capialzado que sirve para el lado cavado de la planta C y la distancia que hubiere entre las líneas B D es el capialzo que ha de tener el dicho capialzado y las plantas por lechos de este dicho capialzado las sacarás extendiendo las juntas de la planta con las alturas del capialzo y plomos que bajaren de las juntas del dintel como se hizo en el capialzado cuadrado en torre cavada a regla a 139 planas de este libro como parece la planta por lecho E que se sacó para la junta F y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos como se hizo en el dicho capialzado cuadrado en torre cavada a regla a 139 planas de este libro como parece en la planta por cara G que se sacó para la pieza H³⁹

Nos encontramos ante una variante del *Capialzado cuadrado en torre cavada a regla* con la particularidad de que el eje del capialzado no corta al eje del cilindro de paramento, sino que se cruza con él; visto de otra forma, es como si ambas testas del capialzado se hubieran desplazado respecto del muro [201]. El problema se resuelve por medio de diagonales, como en la práctica totalidad de las trazas de esta familia.

Se empieza construyendo la planta del hueco con su *batiente* y dividiendo el dintel bajo en cinco partes sin trazar las juntas de intradós; a continuación se traza la *montea*, construyendo sus dinteles bajo y alto, repartiendo la arista inferior de éste último en cinco partes iguales y disponiendo juntas de lecho convergentes. Hecho esto, se pueden construir en planta las juntas de intradós para lo que se han de bajar perpendiculares desde la arista inferior del dintel alto hasta el paramento cóncavo y llevar las juntas de intradós desde las intersecciones de estas perpendiculares con C al dintel bajo que tenemos dividido en cinco partes.

Para trazar las *plantas por lecho* comenzaremos construyendo el eje del capialzado y llevando sobre él la longitud de la junta de intradós a partir de su intersección con la línea que separa el *batiente* del intradós del *capialzado* propiamente dicho; a partir del extremo del segmento así obtenido hemos

³⁹ Aquí parece existir un error de copia, pues en el dibujo H es una *planta por cara* y G una *xunta* según la terminología que Aranda ha manejado hasta ahora.

de levantar una perpendicular al eje sobre la que llevaremos el *capialzo* o desnivel entre los dinteles alto y bajo para representar la junta de intradós.

A partir de ahí pasamos a construir la testa de la *planta por lecho*; como en otros casos hemos de obtener no sólo su extremo, sino también un punto intermedio para poder conocer su curvatura y trazarla como un arco de círculo. Una solución para esto es obtener las distancias a los extremos de la junta de intradós tanto del extremo de la testa como de su punto medio.

Para ello, bajaremos verticales desde la proyección en alzado del punto medio y del extremo de la testa hasta encontrar el paramento representado en planta C; llevaremos las distancias de esos puntos al extremo inferior de la junta de intradós sobre la línea de impostas desde las intersecciones de sus verticales respectivas y así podremos conocer fácilmente su verdadera magnitud.

Como en otras *trazas* Aranda renuncia a obtener la verdadera magnitud de la junta de testa F de la dovela, que podía haber construido del mismo modo. La toma directamente del alzado, lo que es inexacto porque los tres puntos no están en el mismo plano, quizá con intención de igualar las longitudes de las juntas de testa. La idea se lleva hasta sus últimas consecuencias y no se hace ningún esfuerzo por reducir el error, pues ni siquiera se toma la longitud de F, sino que toma la longitud de una mitad y traza un arco con centro en el extremo superior de la junta de intradós; como conoce la distancia del punto medio al extremo inferior de la junta de intradós, puede hallar fácilmente el punto medio de la testa de la *planta por lecho*. Después repite la construcción y traza un arco con radio igual a la longitud de la otra mitad y centro en el punto medio de la testa; donde se cruce con otro arco que representa la distancia al extremo inferior de la junta de intradós estará el extremo de la testa. Las dos medias testas forman una línea quebrada, y la distancia entre los extremos de esta línea quebrada es menor que la suma de las longitudes de las dos semitestas, que además son más cortas que las reales, por no estar contenidas en un plano vertical. El error se podría reducir sin más esfuerzo de trazado obteniendo el extremo superior de la testa a partir de su distancia al extremo inferior y no al punto medio.

Para construir las *plantas por cara* se abaten las juntas de intradós alrededor de la línea que separa el *batiente* de la superficie reglada de intradós; los puntos 1 y 3, situados sobre esta línea, no se moverán, mientras que los de la testa se desplazarán sobre una perpendicular al eje del

abatimiento y los podemos situar tomando su longitud de la junta de intradós de la *planta por lecho* correspondiente. Como las juntas de intradós se han abatido por separado, la plantilla representa en verdadera magnitud las juntas de intradós y las diagonales pero no de la testa; una vez más, las consecuencias prácticas serán inapreciables.

Encontramos dos ejemplares simétricos de esta rara *traza* en el zaguán occidental de palacio de Carlos V granadino [202], bajo una bóveda de lunetos, dando paso al patio cubierto por la bóveda anular y flanqueando una «decenda de cava». El esviaje no se debe a razones funcionales; quizá obedezca al deseo de alinear los huecos con otros tres de la pared opuesta, los que dan entrada al zaguán desde el Patio de los Aljibes. Dado el gran radio del patio, la curvatura del paramento es casi imperceptible. Deben de corresponder a finales del siglo XVI o principios del XVII, aunque pueden haber sufrido una reforma posterior.⁴⁰

Capialzado viaje por cara en torre cavada a regla

Para trazar este dicho capialzado viaje por cara en torre cavada a regla le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos A y la figura B es dintel del dicho capialzado que sirve de testa para el lado cavado de la planta C y la distancia que hubiere entre las líneas B D es el capialzo que ha de tener el dicho capialzado la figura E es batiente del dicho capialzado y para sacar las plantas por lechos de las piezas de este dicho capialzado se han de sacar extendiendo las juntas de la planta con las alturas del capialzo y plomos que bajaren de las juntas del dintel por línea concurriente como se hizo en el capialzado cuadrado en torre cavada a regla a 139 planas de este libro como parece en la planta por lecho F que se sacó para la junta G y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos como se hizo en el dicho

⁴⁰ Earl E. ROSENTHAL, *The Palace of Charles V in Granada*, p. 121 de la trad. española: «No se puede atribuir a ninguno de los dos Machucas la ejecución de los tres deformes vanos que conducen del corredor al zaguán del ala oeste. Aunque la fecha de su ejecución no está documentada [...] el tosco trabajo de cantería [...] sugieren que fueron construidos durante el primer tercio del siglo XVII». Ahora bien, el propio Rosenthal nos informa en la p. 143 de que el 29 de Enero de 1594 «se pagaron siete sillares del sofito derramado de la puerta principal (*el capialzado de la puerta principal*)» No parece que pueda tratarse de los huecos que dan paso al zaguán desde la Plaza de los Aljibes, que no son *capialzados* y por tanto debe tratarse de los huecos que estamos analizando. Otra cosa es que los huecos estén ahora como quedaron en 1594; la tosquedad del trabajo es completamente opuesta a la precisión de la bóveda de lunetos ejecutada por las mismas fechas y pudieron verse afectados por alguna reforma posterior: v. Earl E. ROSENTHAL, *ibid*, p. 144.

capialzado cuadrado en torre cavada a regla a 139 planas de este libro como parece en la planta por cara H que se sacó para la pieza I

En esta variante del *Capialzado cuadrado en torre cavada a regla* una de las testas del capialzado se ha desplazado respecto de la otra, que continúa centrada respecto al cilindro del paramento [203]. La solución se obtiene por diagonales y es idéntica a las del *Capialzado cuadrado en torre cavada a regla* y el *Capialzado en torre cavada viaje por testa a regla*.⁴¹ La escalera de acceso a la cripta de la catedral nueva de Cádiz se cubre con una pieza singular, un capialzado muy largo o, si se quiere, una «decenda de cava» plana, rematada *en torre cavada*.

Se da comienzo a la construcción obteniendo la planta del hueco con su *batiente* y repartiendo el dintel bajo en cinco partes sin trazar por el momento las juntas de intradós; a continuación se levanta el alzado, con dinteles bajo y alto y *tiranteces* convergentes, dividiendo la arista inferior del dintel alto en cinco partes iguales. Después se pueden construir en planta las juntas de intradós para lo que se han de bajar perpendiculares desde la arista inferior del dintel alto hasta intersectar con la línea C y llevar las juntas de intradós desde estas intersecciones al dintel bajo que tenemos dividido en cinco partes.

Para construir las *plantas por lecho* trazaremos una perpendicular a la línea que separa el *batiente* de la superficie de intradós y llevaremos sobre ella la longitud de la junta de intradós; a partir del extremo del segmento así obtenido levantaremos una perpendicular al eje sobre la que llevaremos el desnivel entre los dinteles alto y bajo para representar la junta de intradós en verdadera magnitud, con lo que tenemos los dos primeros vértices de la *planta por lecho*.

A continuación construiremos la testa de la *planta por lecho* obteniendo no sólo su extremo, sino también su punto medio, con lo que podremos trazarla como un arco de círculo. Para ello tomaremos en primer lugar las distancias al extremo inferior de la junta de intradós tanto del extremo de la testa como de su punto medio, bajando verticales desde la proyección en alzado de ambos puntos el paramento C y llevando esas distancias sobre la línea de impostas desde las intersecciones de cada vertical para conocer su verdadera magnitud, formando triángulos rectángulos con las respectivas cotas.

⁴¹ V. pp. 51 y 55.

Figura 203. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 144.

Capialzado viaje por cara en torre cavada a regla

Después obtendremos la longitud de las dos mitades de la testa F, cosa que Aranda hace tomándolas sin más del alzado, lo que es inexacto porque la testa no está contenida en un plano vertical paralelo a la línea de impostas; como en otros casos, se puede considerar que esta construcción se emplea deliberadamente para igualar las longitudes de las juntas de testa. Sabemos así lo que dista el punto medio de la testa de los dos extremos de la junta de intradós, con lo que podemos construirlo de forma aproximada trazando sendos arcos con centro en los dos extremos. Del mismo modo podemos obtener el extremo de la *tirantez*, cosa que Aranda hace trazando arcos con centro en el extremo inferior de la junta de intradós y el punto medio que acaba de hallar.

Pero este procedimiento añade un nuevo factor de error, pues el acortamiento de la testa causado por no tomar su verdadera magnitud sino su proyección se ve incrementado con el producido porque los dos extremos de una línea quebrada distan entre sí menos que la suma de las longitudes de los segmentos que la componen. No hubiera presentado ninguna dificultad evitar esto obteniendo el extremo superior de la testa en función de su distancia al extremo inferior y no al punto medio; si es cierto que la solución se adopta para igualar las longitudes de las juntas de testa, la idea se lleva hasta sus últimas consecuencias.

Para trazar las *plantas por cara* se abaten las juntas de intradós con charnela en la arista que separa el *batiente* del capialzado propiamente dicho. Los puntos situados sobre esta línea, no se moverán, mientras que los de la testa se desplazarán sobre una perpendicular a la charnela, por lo que los podremos situar sin más que tomar su longitud de la junta de intradós de su *planta por lecho*. Como se trata de dos abatimientos con ángulos de giro independientes, la plantilla nos ofrece la verdadera magnitud de las juntas de intradós y las dos diagonales pero falsea la testa, aunque en la práctica el error es despreciable.

Puerta en torre redonda contra capialzado en torre cavada a regla

Para trazar esta dicha puerta en torre redonda contra capialzado en torre cavada a regla le formarás la planta como parece entre los ángulos A la circunferencia redonda B es lado de la planta que sirve para el dintel de la puerta como parece en la montea desde la línea C a la línea D y la circunferencia cavada E es lado de la planta que sirve para el dintel del capialzado que es la distancia que hubiere en la montea entre las líneas

D F y el capialzo que ha de tener el dicho capialzado es la distancia que hubiere entre las líneas F G y el batidero de las puertas será la distancia que hubiere en la montea entre las líneas C G y la distancia que hubiere en la planta entre las líneas H I es el batiente del dicho capialzado y para sacar las plantas por lechos de las piezas de esta dicha puerta las sacarás extendiéndoles las testas que miraren hacia la puerta con el juzgo y largo de los plomos que bajaren de los cabos y mitades de las juntas de la montea desde la línea C a la línea D y a las testas que miraren hacia el capialzado las extenderás con el juzgo y largo que tuvieren los plomos que bajaren de los cabos y mitad de las juntas del dintel desde la línea D a la línea F y las caras de las dichas plantas por lechos las extenderás desviando de su cuadrado las distancias que tuvieren las dichas juntas en la montea desde la línea C a la línea F conforme se hizo en la puerta en torre cavada contra capialzado en torre redonda a 136 planas de este libro como parece en la planta por lecho L que se sacó para la junta M y las plantas por caras las sacarás con el largo que tuvieren las caras de las plantas por lechos como se hizo en la dicha puerta en torre cavada contra capialzado en torre redonda a 136 planas de este libro como parece en la planta por cara N que se sacó para la pieza O y háse de advertir que las testas de las plantas por lechos y plantas por caras que en esta dicha puerta son cavadas en la puerta en torre cavada contra capialzado en torre redonda son redondas

En la *Puerta en torre cavada contra capialzado en torre redonda a regla*⁴² Aranda había examinado el problema de un hueco con dos dinteles a distinta altura, el más alto en un paramento convexo y el más bajo en un paramento cóncavo. Aquí pasa revista al problema inverso, el del hueco abierto de forma que el dintel alto está en un paramento cóncavo y el bajo en el paramento convexo [204].

La solución es en cualquier caso la misma, que ya aparecía en la *Puerta cuadrada a regla*: se trata de un hueco de planta y sección complejas, donde además del *batiente* o faja que recibe la carpintería y el capialzado propiamente dicho, existe otra franja que en la *Puerta cuadrada a regla* recibía el expresivo nombre de *diente del dintel*. Una vez trazada la planta se

⁴² V. p. 47.

Figura 204. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 146.

Puerta en torre redonda contra capialzado en torre cavada a regla

ha de levantar la *montea*, con el dintel más bajo, **C**, el dintel del *batiente* **G**, el dintel alto **F** y una línea **I** que sirve de coronación en los dos dinteles, por lo que el trasdós será horizontal.

Hecho esto se puede pasar a trazar las *plantas por lecho* como planos de canto, lo que simplifica la construcción, pues si queremos hallar la *planta* **M** no tendremos más que abatir con charnela en la recta de punta que representa su intersección con **C**. Los puntos que corresponden al *diente del dintel* están sobre esta recta de punta y no se moverán, pero la recta de punta que representa la intersección de **M** con **D** se transformará en una línea paralela a la otra recta de punta; podemos obtener la distancia entre ambas del alzado, tomando en **M** la distancia entre las intersecciones con **C** y **D** y construir una línea que representará el trasdós de la *planta por lecho*. El extremo de la junta de testa se moverá en un plano perpendicular a la charnela del abatimiento, por lo que su distancia a la línea **C**, que también es perpendicular también a la charnela, será constante; podemos conocerla bajando una vertical desde la intersección de **M** y **D** y tomando en ella la distancia entre las intersecciones con **C** y **B**; si a continuación llevamos esta longitud sobre el trasdós de la *planta por lecho* a partir de la intersección con **C** tendremos el extremo de la testa de la *planta por lecho*.

Ahora bien, la testa no es recta, pues se trata de la intersección del cilindro del paramento con un plano que no es paralelo a las generatrices. Por esto, Aranda va a obtener el punto medio de la testa por el mismo método que le ha valido para obtener el extremo; baja una vertical desde un punto de **M** equidistante de **F** y **D**; por la intersección de vertical con **B** traza una perpendicular a la charnela; toma la distancia entre **C** y el punto equidistante entre **F** y **A**, medida sobre **M**; y la lleva a la recta perpendicular a la charnela que acaba de trazar, precisamente partiendo de la charnela, para obtener el punto medio de la testa. De la misma forma construirá la otra testa. La construcción del *batiente* es aún más sencilla, pues la recta de punta que lo representa se transformará en una recta paralela al eje del abatimiento separada de él por una distancia igual a la que hay en el alzado entre **C** y **G**, medida a lo largo de **M**; la intersección de esta recta con **H** e **I** nos dará los dos extremos del *batiente*; uniendo éste con el *diente del dintel* por un lado y con la testa alta por otro, obtendremos el *batidero* y el *capialzado* propiamente dicho, con lo que cerraremos el complejo perfil de esta *planta por lecho*.

Las *plantas por cara* se trazan por un procedimiento que hemos visto ya varias veces, pues se introdujo en el *Capialzado cuadrado a regla*. Para ello se

abate el intradós alrededor de la línea I que lo separa del *batiente*. Los puntos que están sobre la línea I no se desplazarán; los de la testa alta se moverán sobre una perpendicular a I y los podemos situar tomando su longitud de las *planta por lecho* correspondientes o sus simétricas; la curvatura se puede obtener teniendo en cuenta que el radio será el mismo de E, aunque Aranda no expresa con claridad si se hacía así o trazando un arco de círculo con centro en el centro de E.⁴³ El procedimiento es inexacto porque la superficie de intradós es una reglada alabeada, pero suficientemente preciso para muchas aplicaciones prácticas.

Capialzado desquijado cuadrado

Para trazar este dicho capialzado desquijado cuadrado le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos A y le formarás el arco B que sirve de testa del dicho capialzado por el lado de la planta C y la figura D sirve de batiente del dicho capialzado y para sacar las plantas por lechos de las piezas de este dicho capialzado las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho E que se saco para la junta F tirarás una línea en blanco desde el punto 1 al punto 2 que haga ángulo recto con la línea 3 y tenga de largo lo que capialzare la dicha junta desde el punto 1 al punto 4 y después pondrás la una punta del compás en el punto 5 y con la otra tocarás en el punto 6 y teniendo fija una punta del compás en el dicho punto 6 con la otra tocarás en el punto 7 después abrirás el dicho compás que toque con la una punta en el dicho punto 7 y con la otra tocará en el punto 8 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 5 y con la otra circundarás el pedazo de círculo en blanco 9 después tomarás el largo de la junta F desde el punto 4 al punto 8 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 2 y con la otra tocarás en el pedazo de círculo en blanco 9 en el punto 10 y a este dicho punto 10 tirarás la testa de la dicha planta por lecho desde el dicho punto 2 y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por lecho como parece entre los ángulos 5 2 10 11 12 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al

⁴³ V. p. 45 y ss.

Figura 205. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 148.

Figura 206. *Hernán Ruiz el Joven*, Libro de Arquitectura, f. 47 r.

Figura 207. *Alonso de Vandelvira*, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 46 r.

Figura 208. *Philibert de l'Orme*, Le premier tome de l'Architecture, f. 64 v.

justo y las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **G** tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **E** desde el punto **ç** al punto **2** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **a** y con la otra tocarás en el punto **b** después tomarás el ancho de su bolsor desde el punto **c** al punto **d** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **b** y con la otra circundarás el pedazo de círculo en blanco **e** después tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **H** desde el punto **f** al punto **g** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **h** y con la otra tocarás en el pedazo de círculo en blanco **e** en el punto **i** y a este dicho punto **i** tirarás la testa de la dicha planta por cara desde el dicho punto **b** y de unos puntos a otros tirarás sus líneas retas y quedará formada la dicha planta por cara como parece entre los ángulos a **b h i** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo

Todos los *capialzados* que hemos visto hasta ahora eran *a regla*; es decir, las testas se resolvían mediante dinteles. Con este *Capialzado desquijado cuadrado* [205] da comienzo la serie de los que se resuelven con una testa en arco y la otra en dintel. Entre los problemas que se plantean en este grupo de piezas ocupa un lugar importante el alabeo de la superficie de intradós, pues hasta ahora eran planas - como en el *Capialzado cuadrado a regla* o el *Capialzado viaje por cara a regla* - o presentaban un ligero alabeo fruto del esviaje de la testa - como en el *Capialzado viaje por testa a regla* - o de la curvatura del paramento - como en el *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda*. A partir de este momento cambian las cosas y el alabeo de la superficie de intradós es bien perceptible. Aranda lo dejó claro al comenzar esta segunda parte:

capialzados son toda qualquiera figura que en su distribución causare alguna alteración de líneas concurrientes [...] los cuales proceden de dos especies de figuras la primera es figura rectilínea que proceden los capialzos igualmente a regla y la segunda especie es figura circular que proceden los capialzos en circunferencia y causan las piezas alguna manera de enganchidos

Aquí vamos a examinar el más sencillo de estos capialzados, el generado por un dintel y un arco que comparten el mismo eje. De L'Orme explica así el empleo de esta *traza*:

... [en] grandes puertas, y especialmente las que se abren en muros de grandes espesores. Para grandes luces, y los grandes pesos que sostienen encima [...] no se pueden hacer la parte de atrás de estas puertas recta, sin peligro de que se rompan, por la gran carga que necesitan soportar: de

manera que los morteros de las juntas se rompen y a veces las piedras [están] en peligro de caer. Por esto es necesario que aunque la parte de delante de la puerta sea recta, que la cara de atrás sea un arco rebajado [...] Esta solución no sólo es buena y apropiada para las puertas y ventanas del primer piso sobre el terreno y sirven para las cocinas y otros lugares, sino que será muy apropiada para la parte posterior de las ventanas.⁴⁴

y no es menos interesante el comentario que se hace a renglón seguido sobre el trazado de las testas «las cuales se pueden hacer por detrás con un arco rebajado [...] Servirá también un arco carpanel».⁴⁵

Trazas similares se encuentran en el manuscrito de Hernán Ruiz el joven, el *Premier tome de l'Architecture* y el *Libro de trazas de cortes de la piedra* de Alonso de Vandelvira, pero algunos detalles significativos difieren de uno a otro [206-208].⁴⁶ En el tratado de De L'Orme y en el *Libro* de Vandelvira, el *batiente* tiene entidad propia, con el dintel horizontal y las jambas perpendiculares al paramento del muro, para el correcto alojamiento de la carpintería, quedando remarcado incluso por una pequeña mocheta que lo separa del capialzado propiamente dicho. En el manuscrito de Hernán Ruiz desaparece la mocheta, pero las jambas y el dintel del *batiente* son perpendiculares al muro, permitiendo así el perfecto ajuste de la carpintería. Martínez de Aranda, por el contrario, adopta una solución contradictoria: el dintel es horizontal pero las jambas del *batiente* son continuación del abocinado del hueco. Es decir, se presta atención al encuentro de la carpintería en el dintel, pero no en la jamba. También difieren los métodos de labra. Hernán Ruiz emplea un método intermedio entre *plantas* y *robos*. También hace lo mismo Philibert de L'Orme, aunque en este caso el empleo de los *robos* viene dado por la necesidad de *despezar*

⁴⁴ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 64 r.: «grandes ouuertes & largueurs de portes & grande pesanteur qu'elles soustiennent par le dessus [...] on ne peult faire les arriere - voulsures des dictes portes droictes & quarrées, sans danger d'estre offensées, pour la grande charge qu'il fault qu'elles portent: de forme que les mortiers des commissures en sont rompus & quelquefois les pierres en danger de de tomber. Parquoy il est de besoing combien que le deuant de la porte soit quarrée et droict, que les arriere-voulsures d'icelle soient d'un arc surbaissé [...] Telle façon non seulement est bonne, & propre pour les portes & grandes fenestres qui sont au premier estage dedans terre & seruent pour les cuisines & autres lieux, mais aussi elle viendra fort à propos pour les arriere - voulsures des croiseés [...]».

⁴⁵ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 64 r. - 64 v.: «lesquelles on peult faire avecques vn arc surbaissé [...] Seruira aussi telle façon pour un anse de panier». V. también f. 84 v., donde se hace el mismo comentario respecto a arcos.

⁴⁶ Hernán RUIZ, *Libro de arquitectura*, c. 1550, f. 47; Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 64 r.; «Capialzado en puerta cuadrada», en Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 46 r. V. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*, pp. 104-107.

el capialzado, como hace Aranda en el *Capialzado desquijado con sus despiezos*.⁴⁷

Vandelvira resuelve el «corte» *por plantas*, pero esto no nos debe llevar a engaño, ya que afirma claramente que «Los capialzados todos son por robos que aunque están aquí en los demás las plantas sacadas sólo sirven para que por ellas se saquen las saltarreglas»⁴⁸ Esto se puede comprobar tanto en el dibujo, donde aparece representado esquemáticamente el bloque del que se ha de partir para labrar la pieza, como en el texto, que describe los diversos *robos* que se han de practicar sucesivamente para llegar a la forma final de la dovela. Por tanto, queda claro que lo básico de la labra se realiza *por robos* con ayuda de «saltarreglas», que en este caso representan la junta de testa y no la de intradós como en los *Cerramientos*. Es importante comprobar que en los capialzados «a regla» que hemos visto hasta ahora no aparecía representado el bloque, ni el texto se refería a *robos* de ningún tipo. Por tanto Vandelvira resuelve *por robos* los capialzados que Aranda denomina *desquijados*, esto es, los que tienen una testa en arco y otra en dintel, pero en cambio en los capialzados «a regla», los que tienen dos dinteles por testas, no hay la menor referencia a la labra *por robos* y debemos entender que se resuelven directamente con ayuda de plantillas y «saltarreglas». La elección de Vandelvira es muy comprensible si recordamos que al principio de esta segunda parte de los *Cerramientos* Aranda dejaba bien claro que los capialzados *en circunferencia*, esto es, los *desquijados* son alabeados por naturaleza, frente a los capialzados *a regla* que en principio son planos.⁴⁹ Por tanto Vandelvira emplea *plantas* en la labra de los capialzados *a regla*, mientras que en los *desquijados* o, como los llama Portor y Castro, «engauchidos», renuncia prudentemente a su empleo a pesar de tenerlas trazadas para no tener que abordar el problema del alabeo de la cara. En cambio Aranda va a emplear el método *por plantas* puro, construyendo tanto las de intradós como las de lecho, pero como veremos, va a topar con los límites del procedimiento.

El intradós del capialzado propiamente dicho, excluido el *batiente*, se define como una superficie reglada alabeada que pasa por la arista inferior del arco y por la arista exterior del *batiente*. La tercera condición para definir la superficie reglada viene dada por el reparto de las dovelas.

⁴⁷ V. p. 74.

⁴⁸ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1580, f. 46 r.

⁴⁹ Salvo cuando Aranda fuerza la pendiente de las juntas de intradós para regularizar las testas del capialzado. V. p. 34 y ss. y 51 y ss.

Martínez de Aranda, como Vandelvira, divide tanto la arista exterior del *batiente* como la del arco en tantos segmentos como dovelas han de formar el capialzado; en cambio, Hernán Ruiz impone la condición de que los planos que forman las caras de lecho de las dovelas han de formar un haz, lo que le conduce a un trazado más sencillo.

Para obtener las *plantas* de las dovelas Aranda recomienda dibujar en primer lugar la planta del hueco, incluido el *batiente*, y un alzado esquemático de la testa en arco. Resulta interesante observar la línea 4I; esta línea no tiene por misión representar la junta de intradós, pues Martínez de Aranda no utiliza aquí la noción de **proyección sobre un plano vertical**; simplemente une el extremo inferior de la junta de testa con el plano de impostas y por tanto con la proyección horizontal de la junta de intradós. Sobre este alzado es fácil trazar las dovelas como radios del arco, con lo que obtenemos las *plantas* de testa.

Para obtener las *plantas por lecho*, es decir las plantillas de las caras de lecho de las dovelas, se sigue un sistema de **abatimientos sucesivos**. En primer lugar, se abate el plano vertical que pasa por la junta de intradós tomando como charnela la proyección horizontal de dicha junta. Para ello se traza una perpendicular a la charnela por un extremo 1 y se lleva sobre esta perpendicular la cota del extremo de la junta de intradós obteniendo el punto 2.

Conocemos ya tres de los cinco vértices de la cara de lecho, los pertenecientes al intradós: el 2 que hemos obtenido, el 12 correspondiente a la arista de la cara en el dintel, y el ç de encuentro entre *batiente* y capialzado propiamente dicho, y nos faltan los dos correspondientes al trasdós. El correspondiente a la arista superior del *batiente* lo obtiene Martínez de Aranda de forma inexacta, pues supone que el abatimiento de la junta entre dovelas 11 12 ha de coincidir con la arista exterior del *batiente*. Esto se cumpliría si y sólo si la charnela del abatimiento, que es la arista inferior de la cara de lecho, fuese perpendicular a la arista exterior del *batiente*; pero precisamente por el abocinamiento del hueco, no lo es. Este detalle indica una cierta indiferencia de Martínez de Aranda hacia el aspecto de la cara interior del muro, que probablemente se explique por suponer que en la mayoría de los casos iría revocado.

A continuación vamos a buscar el cuarto vértice, para lo que hemos de obtener en verdadera magnitud la diagonal ç10 de la cara de lecho. Para ello, abatiremos el plano vertical que pasa por la diagonal, pero no sobre el plano de impostas, sino sobre el plano del arco; llevamos así la proyección

Capialzado desquijado cuadrado

Figura 209. Trasdós de la puerta de acceso a la casa de las Conchas de Salamanca.

Figura 210. Capialzado en el monasterio de La Vid.

horizontal de la diagonal sobre la línea de tierra; como la charnela de este abatimiento pasa por el otro extremo **6** de la diagonal, tendremos ésta representada en verdadera magnitud por los puntos **7** y **8** y sólo falta llevarlo sobre la planta por lecho trazando un arco **9**. Trazando otro arco con centro en **2** y radio igual a la longitud de la junta de testa obtenemos en la intersección de los dos arcos el punto **10** buscado, con lo que tenemos la *planta por lecho* de la primera dovela. Del mismo modo iremos obteniendo las *plantas* de cada una de las caras de lecho.

Para obtener las *plantas por cara*, es decir, las plantillas para las caras de intradós del capialzado propiamente dicho, se parte de las plantillas de lecho. Para trazar la correspondiente a la segunda dovela, caso que expone Martínez de Aranda por ser el general, se abate con charnela en la arista que separa el *batiente* de la superficie reglada del *capialzado*, esto es, **a ç**. Los puntos **a** y **h**, que están sobre la charnela, no se moverán; el punto **b** se desplazará sobre una perpendicular a la charnela, y podemos situarlo tomando la longitud de la junta de intradós correspondiente, **ç 2**, y trazando un arco con centro en **a**; donde intersekte a una perpendicular a la charnela trazada por su proyección horizontal estará el punto **b** abatido. Para situar el cuarto vértice no se emplea la misma construcción, como se hacía hasta ahora, sino otra que resulta más eficaz en caras alabeadas; se trazan dos arcos, uno con centro en **b** y radio igual a la cuerda del tramo de arco correspondiente a la dovela; y otro con radio igual a la otra junta de intradós, **f g**; donde se encuentren estará el cuarto vértice de la *planta por cara*, **i**.

De nuevo, el resultado no representa con exactitud la cara de intradós, a causa de su alabeo; pero es más práctico que los obtenidos hasta ahora, pues Aranda dispone de una plantilla que representa en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara de intradós de la dovela, la diagonal **h b** y los dos ángulos opuestos a ésta, aun a costa de falsear la otra diagonal y los dos ángulos opuestos; pero con esta técnica consigue lo que le interesa, que es la longitud de las cuatro aristas. La falta de planeidad de la *cara* no es inconveniente grave, pues la superficie poliédrica resultante se debe *adulcir* después para materializar una superficie lisa, según recomendación de Philibert de L'Orme.⁵⁰

Entre los textos españoles posteriores a los *Cerramientos* encontramos la *traza* en el cuaderno de Juan de Portor y Castro y en la *Verdadera práctica*

⁵⁰ Cf. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*, p. 105.

de las resoluciones de la geometría.⁵¹ En ambas se reconoce claramente que se intenta obtener la plantilla de una cara alabeada; incluso en la obra de García Berruguilla se intenta ofrecer un método para calcular el alabeo.

La *traza* es muy frecuente en la arquitectura española a partir del último gótico y el Renacimiento. Por poner algunos ejemplos, encontramos uno en la iglesia de Santiago de La Coruña, originalmente del siglo XII, pero afectada por varias intervenciones posteriores;⁵² otro de labra muy cuidada en la puerta de entrada a la casa de las Conchas salmantina⁵³; en la sacristía de la catedral de Murcia, terminada en 1525; en el monasterio de La Vid, cerca de Peñaranda de Duero; en el monasterio escurialense, en la Capilla de los Reyes; en el castillo de Sabiote, ligado a los Vandelvira;⁵⁴ y ya en época barroca, en la iglesia donostiarra de Santa María del Coro [209-210].

El manuscrito llamado de Alonso de Guardia⁵⁵ ofrece dos variantes de este capialzado, una con juntas de intradós en abanico o *desquijadas*, y otro en el cual el *desquijo* se resuelve exclusivamente en el salmer [224], de forma que las juntas de intradós son paralelas entre sí; lo encontramos decorado con casetones en la parroquial de Eibar o liso pero combinado con un arco de medio punto en el monasterio de La Espina [242].⁵⁶

⁵¹ Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114, f. 37 v.; Juan GARCÍA BERRUGUILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, Madrid, Francisco Mojados, 1747, pp. 106-107.

⁵² Esteban FERNÁNDEZ COVIÁN, *Guía de Arquitectura. A Coruña*, p. 36, hace referencia a reconstrucciones de la cubierta a raíz de incendios en 1505 y 1779.

⁵³ Manuel GÓMEZ-MORENO Y MARTÍNEZ, *Catálogo Monumental de España. Provincia de Salamanca*, redactado entre 1901 y 1903, ed. Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1967, advierte que la fecha no es precisa y las sitúa hacia 1512 siguiendo a Quadrado; en «Sobre el Renacimiento en Castilla. Notas para un discurso preliminar», *Archivo Español de Arte y Arqueología*, 1925, p. 13, da 1475-1483; José María CAMÓN AZNAR, *La arquitectura y la orfebrería española del siglo XVI*, Madrid, Espasa Calpe, 1959, p. 82 y Fernando CHUECA GOITIA, *Historia de la Arquitectura Española*, Madrid, Dossat, 1965, p. 564 dan 1512; sin embargo, Víctor NIETO ALCAIDE, «Renovación e indefinición estilística, 1428-1526», en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, Madrid, Cátedra, 1989, p. 66, la retrasa a 1492-1517.

⁵⁴ Leopoldo TORRES BALBÁS, «Tras las huellas de Vandelvira. El Castillo de Sabiote», *Don Lope de Sosa*, 1920, pp. 9-12; Rafael ORTEGA SAGRISTA, «La familia de Andrés de Vandelvira», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 1955, p. 13.

⁵⁵ Alonso de GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería* (Manuscrito c. 1600. Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori ...*, Libro II, Venecia, 1566, Biblioteca Nacional de Madrid, ER/4196, ff. 72 v., 85 v.).

⁵⁶ La iglesia de Eibar es de datación complicada, pues según José María CAMÓN AZNAR, *La arquitectura y la orfebrería española del siglo XVI*, Madrid, Espasa Calpe, 1959, p. 120, restan elementos de un templo inaugurado en 1547, pero sufrió una fuerte intervención a finales del siglo XVI. V. también p. 105 de este trabajo.

Figura 211. Capialzados en el monasterio de San Martín Pinarío de Santiago de Compostela.

Figura 212. Alonso de Guardia, Manuscrito de arquitectura y cantería.

Figura 213. Amedée-Louis Frézier, Traité de stéréotomie, t. II, lám. 64.

Otras variantes del *Capialzado desquijado cuadrado* surgen al sustituir el arco de testa por un carpanel, como en la antigua capilla de los Reyes del Monasterio del Escorial⁵⁷ o por uno de medio punto, como en el claustro del monasterio compostelano de San Martín Pinario [211]. Según Bonet Correa, estos últimos huecos corresponden a la intervención de Ginés Martínez de Aranda en el monasterio, extremo que ha sido puesto en duda por Vila Jato y por Goy Diz, que los atribuye a Bartolomé Fernández Lechuga, un maestro relacionado con Juan de Aranda y Salazar, sobrino y discípulo de Aranda.⁵⁸

Dejando aparte por el momento esta polémica, los capialzados de San Martín Pinario demuestran un gran dominio de la tomotecnia y son indicio de la influencia del maestro en la cantería santiaguesa, como se puede comprobar analizando la relación de estos huecos con el manuscrito de Aranda. Bonet los identifica con el capialzado de San Antonio siguiendo la definición de Ponte y Blanco según la cual en éste «los arcos de telar y alféizar son adintelados o planos y el que corresponde al capialzado en su límite superior, es semicircular o más sencillamente: un arco de medio punto sobre el derrame de una puerta, cuyo dintel es generalmente horizontal».⁵⁹ Ahora bien, esta definición se puede aplicar a distintos capialzados puesto que dados los arcos anterior y posterior, pueden pasar por ellos superficies muy diversas, desde la esférica o pseudoesférica del capialzado de San Antonio⁶⁰ a la conoidal de los santiagueses. Como veremos más adelante, De La Rue nos ofrece capialzados de San Antonio con el arco de testa semicircular o rebajado, con el intradós curvo o reglado.⁶¹ Desde el punto de vista de la cantería lo esencial es la naturaleza

⁵⁷ José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 106.

⁵⁸ Antonio BONET CORREA, «Dos ejemplos de cortes de cantería de Ginés Martínez de Aranda en Santiago de Compostela», en *En torno al arte auriense. Homenaje a Don José González Paz*, Santiago-Orense, Universidad - Diputación, 1990, ahora en *Figuras y modelos en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, pp. 141-42. Para la opinión divergente de María Dolores VILA JATO, v. «Precisiones sobre la construcción del monasterio de San Martín Pinario de Santiago», *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, Madrid, Universidad Complutense, 1994, p. 450.

⁵⁹ Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, p. 124, citando a Francisco PONTE Y BLANCO, *Tratado práctico de estereotomía, aplicaciones al corte de piedras, maderos y hierros*, 2.ª ed., La Coruña, 1915, p. 214.

⁶⁰ V. Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, Paris, Picard, 1982.

⁶¹ Jean Baptiste DE LA RUE, *Traité de la coupe des pierres*, pp. 31-38. V. también P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, f. 139-142, que ofrece un «Arrière-voussure de Saint-Antoine, en plein cintre, ou surbaissé» y dice expresamente que «On les peut faire en plein cintre, tant sur leur deuant, que dans leur creux; ou bien les faire surbaissées, comme on voudra» y Amédée-François FRÉZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*. t. II, p. 443, dice que el «Arrière-voussure regléé & bombeé», esto es, el *Capialzado desquijado cuadrado*, se puede hacer con la testa en arco carpanel o de medio punto, y que la única diferencia entre ambos es que la única diferencia entre ambos es que la testa semicircular

geométrica de la superficie de intradós; las del *Capialzado desquijado cuadrado*⁶² de Martínez de Aranda y el de San Martín Pinario pertenecen a la misma familia de superficies regladas generadas formadas por rectas que se apoyan en una recta y una curva; como consecuencia, los capialzados de San Martín se pueden realizar aplicando el procedimiento de obtención de plantillas de los *Cerramientos* sin más que tomar un arco de medio punto y no uno rebajado. A un cantero encargado de realizarlo le preocuparía tanto o más que la forma de la testa el modo de labrarlo, y éste depende ante todo de la naturaleza geométrica de la superficie de intradós. Así, aunque el *Capialzado desquijado cuadrado* se diferencia de los de San Martín Pinario en el aspecto formal, pues el arco capialzado no es de medio punto, sino escarzano, desde el punto de vista de la tomotecnia es una variante del *Capialzado desquijado cuadrado* de Aranda. Encontramos la confirmación de todo esto en el pasaje de De L'Orme que citábamos al principio de este comentario:⁶³ si se puede tranquilamente sustituir un escarzano por un carpanel, también se puede tomar un arco de medio punto.

Capialzado desquijado viaje por testa

Para trazar este dicho capialzado desquijado viaje por testa le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y asimismo formarás el arco **B** que sirve de testa para el lado de la planta **C** y la figura **D** es batiente del dicho capialzado y para sacar las plantas por lechos de este dicho capialzado les sacarás las caras extendiendo las juntas de la planta con las alturas del capialzo y extenderás las testas con las alturas de los plomos del tardos de las dichas juntas como se hizo en el capialzado desquijado cuadrado a 146 planas de este libro como parece en la planta por lecho **E** que está entre los ángulos 1 2 3 4 5 que se sacó para la junta **F** y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsos como se hizo en el dicho arco desquijado cuadrado a 146 planas de este libro como parece en la planta por cara **G** que está entre los ángulos a **b c d** que se sacó

hace la ejecución más fácil; *ibid.*, p. 490-491, donde al exponer el «Arrière-voussure de Saint-Antoine» concede poca importancia a las distinciones de De la Rue y dice que «le plein cintre dénominateur peut fort bien être surbaissé».

⁶² Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, pl. 146-149; v. p. 60 y ss. de este Tomo III.

⁶³ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 64 v. y 84 v.

Figura 214. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 150.

Figura 215. François Derand, L'architecture des voutes.

para la pieza H y de esta manera se sacarán todas las demás plantas por lechos y por caras para plantarlas al justo.

Esta traza es una variante de la anterior en la que el arco de embocadura está contenido en un plano oblicuo al plano de la testa adintelada y a la recta que hace de eje de simetría de las dos jambas o eje del capialzado [214]. Como en el caso anterior, tenemos una franja llamada *batiente* en la que la superficie de intradós es horizontal, con la intención clara de facilitar la unión de la carpintería a la fábrica; pero esta intención no se lleva hasta el final haciendo las jambas del *batiente* perpendiculares a la testa adyacente, como hacen en otras trazas Hernán Ruiz, De L'Orme o Vandelvira.

Para obtener las *plantas*, Martínez de Aranda dibuja en primer lugar la planta del hueco, incluido el *batiente*, y la *montea* del arco; se reparten las dovelas dividiendo en cinco partes la arista inferior del arco, lo que si el arco es escarzano da lugar a que la arista exterior del salmer sea desproporcionadamente larga. No hay la menor intención de corregir esta desproporción, cosa que podría hacerse trazando las *tiranteces* pasando por la intersección del eje del capialzado con la línea de impostas; por el contrario, se trazan a partir del centro del arco, inferior a la línea de impostas, siguiendo así la regla tradicional de la cantería según la cual deben ser perpendiculares a la arista del arco.

Para obtener las *plantas por lecho*, se sigue como en el caso anterior un sistema de **abatimientos sucesivos**. En primer lugar, se abate el plano vertical que pasa por la junta de intradós tomando como charnela la proyección horizontal de la junta y construyendo así la línea 2 3, que representa la arista inferior de la *planta por lecho*; es evidente que al estar los puntos 1 2 del *batiente* en la charnela del abatimiento, no se desplazan.

A continuación hemos de obtener los puntos 4 y 5 correspondientes al trasdós. Para obtener el 4 Aranda construye en verdadera magnitud la diagonal 2 4 de la cara de lecho. Para ello, abate el plano vertical que pasa por la diagonal sobre el plano de testa, llevando para ello la proyección horizontal de la diagonal sobre la línea de impostas y formando un triángulo rectángulo con la diferencia de cotas entre sus extremos (*extenderás las testas con las alturas de los plomos del tardos... de las dichas juntas*) construyendo así la diagonal en verdadera magnitud. A continuación traza un arco con centro en 2 y radio igual a la longitud de la diagonal y otro arco con centro en 3 y radio igual a la longitud de la *tirantez*; en la intersección de ambos radios estará el vértice 4 que buscamos.

Dado que la cara de lecho no es plana y se ha empleado un sistema de abatimientos sucesivos, los tres lados de la *planta* obtenidos hasta ahora, 1 2, 2 3 y 3 4, así como las diagonales 1 3 y 2 4 quedarán representadas en verdadera magnitud, mientras que 1 4 se verá ligeramente falseada; pero el error no tendrá grandes consecuencias prácticas, especialmente si el *batiente* queda oculto bajo el marco de la carpintería.

No está claro cómo se obtiene la longitud de la *tirantez*, pues el texto simplemente nos remite al *Capialzado desquijado cuadrado*,⁶⁴ donde esta longitud se tomaba sin más de la *montea*. Pero allí la *montea* representaba la testa en verdadera magnitud, mientras que aquí es la proyección de la testa, que está contenida en un plano oblicuo al eje del capialzado, sobre un plano perpendicular al eje; los extremos de la *tirantez* F no están a la misma profundidad, por lo que no están representados en verdadera magnitud. Por lo tanto, aplicar aquí la construcción del *Capialzado desquijado cuadrado* es inexacto; es difícil decir si Aranda es consciente de ello, puesto que ha cometido un error semejante en el *Capialzado viaje por testa a regla diferente del pasado* y otras *trazas* de la misma familia. Por el contrario, en otras cuando dispone de una *cimbria* que representa la testa en verdadera magnitud, no desaprovecha la ocasión de tomar la longitud correcta de los lados de las *plantas por cara*, pero continúa tomando la longitud de las *tirantezas* del alzado.⁶⁵ Todo esto parece indicar que la decisión de tomar las longitudes de las juntas de testa del alzado sin más no se debe a un error por desconocimiento, sino a una intención de igualar sus longitudes.

El quinto vértice, correspondiente a la arista superior del *batiente* también lo obtiene Martínez de Aranda de forma inexacta, pues supone sin ninguna base que el abatimiento de la junta de testa 11 12 ha de coincidir con la arista exterior del batiente. Esto se cumpliría si y sólo si la charnela del abatimiento, que es la arista inferior de la cara de lecho, fuese perpendicular a la arista exterior del batiente; pero precisamente por el abocinamiento del hueco, no lo es. Este detalle indica una cierta indiferencia de Martínez de Aranda hacia el aspecto de la cara interior del muro, que probablemente se explique por suponer que en la mayoría de los casos iría revocado.

Para obtener las *plantas por cara*, se parte de las *plantas por lecho*. Si queremos trazar la correspondiente a la segunda dovela, por ejemplo, podemos abatir con charnela en la línea D que separa el *batiente* de la

⁶⁴ V. p. 62.

superficie inclinada del intradós. Los puntos **a** y **d**, que pertenecen a esta línea, no se moverán, y el punto **b** se desplazará dentro de la perpendicular a **D** que pasa por su proyección horizontal; podremos obtenerlo tomando la longitud 2 3 de la junta de intradós de la *planta por lecho* E y trazando un arco con centro en **A** y longitud 2 3. Donde este arco corte a la perpendicular a **D** que pasa por la intersección de la junta de intradós y la testa estará el punto **b** que buscamos.

No podemos emplear la misma construcción para obtener el punto **c** como se podía hacer en el *Capialzado cuadrado a regla* porque los cuatro puntos no son coplanares; es decir, al girar con un determinado ángulo sobre la línea **a d**, que está contenida en el plano de impostas, el punto **b** llega a la línea de impostas; pero el punto **c**, que no está contenido en el plano determinado por **a**, **d** y **b**, todavía no ha llegado al plano de impostas. Aranda parece ser consciente de esto y utiliza una construcción que, sin ser exacta, gana algo de precisión; se trata de abatir con eje en **a b**. Para ello, toma la longitud **c d** de la *planta por lecho* correspondiente, traza un arco con radio igual a esta longitud y centro en **d**, toma la longitud **b c** y traza un arco con radio igual a esta longitud y centro en **b**; en la intersección de los dos arcos estará el punto **c** buscado.

Como antes, no queda claro cómo obtiene la longitud **b c** y podemos considerar que la toma del alzado, introduciendo un pequeño error, pues la *montea* no representa la testa en verdadera magnitud. Otro factor de error es que al abatir sobre **a b** para llevar a **c** sobre el plano de impostas, el punto **d** que ya estaba en el plano de impostas, pero no en la charnela, abandona dicho plano. Pero aun así, hemos ganado en precisión sobre la solución basada en abatir cada junta de intradós por separado, pues la diferencia de cotas entre **b** y **c** es significativa, mientras que su diferencia de profundidades será menor, y también será menor el alejamiento de **d** del plano de impostas ocasionado por el giro alrededor de **a b**. Visto de otro modo, la plantilla obtenida representa en verdadera magnitud los cuatro lados y una diagonal de la cara de intradós por lo que puede ser muy útil para comprobar la exactitud de la labra.

⁶⁵ V. pp. 21 y 163 y ss.

Capialzado desquijado viaje por cara

Para trazar este dicho capialzado desquijado viaje por cara le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y asimismo formarás el arco **B** que sirve de testa para el lado de la planta **C** y la figura **D** es batiente del dicho capialzado y para sacar las plantas por lechos de este dicho capialzado les sacarás las caras extendiendo las juntas de las caras con el alto que tuvieren las juntas en el capialzo y sacarás las testas con el alto que tuvieren los plomos del tardos de las dichas juntas como se hizo en el capialzado desquijado cuadrado a 146 planas de este libro como parece la planta por lecho **E** que está entre los ángulos 1 2 3 4 5 que se sacó para la junta **F** y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de sus bolsos como se hizo en el dicho arco desquijado cuadrado como parece en la planta por cara **G** que está entre los ángulos a b c d que se sacó para la pieza **H**

Esta traza es una nueva variante del *Capialzado desquijado cuadrado* en la que las dos testas, la del arco y la del dintel, son paralelas entre sí, pero la línea que une los puntos medios de la cuerda del arco y de la arista inferior del dintel no es perpendicular a las testas [216]. Dicho en términos más intuitivos, se trata de un *Capialzado desquijado cuadrado* en el que una de las testas se ha desplazado horizontalmente dentro de su plano. No es una pieza frecuente, pero la podemos encontrar de extremo a extremo de la península, desde la parte posterior del Arco de Santo Domingo de Orihuela al discutido capialzado de San Francisco de Santiago de Compostela, pasando por el acceso al Jardín de los Frailes escurialense [220];⁶⁶ de nuevo nos encontramos, como en el *Capialzado desquijado cuadrado*, que el arco de testa puede ser escarzano como en Orihuela o Sabiote [219], o de medio punto como en el Escorial.

Para construir las *plantas*, Martínez de Aranda dibuja en primer lugar la planta del hueco, incluido el *batiente*, que se marca únicamente en el intradós, como en los capialzados anteriores, y la *montea* del arco; se reparten las dovelas dividiendo en cinco partes la arista inferior del arco, y

⁶⁶ V. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, p. 107; para Orihuela, Joaquín BÉRCHEZ, y Francesc JARQUE, *Arquitectura Renacentista valenciana*, p. 72.

Figura 216. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 151.

Figura 217. Amedée-Louis Frézier, Traité de stéréotomie, t. II, lám.64.

Figura 218. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 47 r.

Capialzado desquijado viaje por cara

Figura 219. Capialzados en el castillo de Sabote.

Figura 220. Capialzado en el acceso al Jardín de los Frailes del Monasterio de San Lorenzo del Escorial.

se trazan las *tiranteces* a partir del centro del arco, inferior a la línea de impostas.

Se obtienen las *plantas por lecho* por una sucesión de abatimientos, como en las trazas anteriores. En primer lugar, se abate el plano vertical que pasa por la junta de intradós tomando como eje del abatimiento su proyección horizontal; los puntos 1 2 del *batiente* están en la charnela del abatimiento y no se desplazan, mientras que el 3 se moverá sobre una perpendicular a la proyección horizontal de la junta de intradós y podemos construirlo tomando de la *montea* su distancia a la línea de impostas.

Después hemos de obtener los puntos correspondientes al trasdós de la *planta por lecho*. Para obtener el 4 Aranda construye en verdadera magnitud la diagonal 2 4 de la cara de lecho, abatiendo el plano vertical que pasa por la diagonal sobre el plano de testa, llevando así la proyección horizontal de la diagonal sobre la línea de tierra, lo que le permite formar un triángulo rectángulo que tiene por segundo cateto la diferencia de cotas entre los extremos de la diagonal. Hecho esto, traza un arco con centro en 2 y radio igual a la longitud de la diagonal y otro arco con centro en 3 y radio igual a la longitud de la *tirantez*; en la intersección de ambos radios estará el vértice 4 que buscamos. En este caso, la verdadera magnitud de la *tirantez* se puede tomar del alzado sin ningún problema, al contrario de lo que sucedía en la *traza* anterior. A causa de la falta de planeidad de la cara de lecho, la *planta* reproduce en verdadera magnitud los tres lados obtenidos hasta ahora y las diagonales 1 3 y 2 4, pero no la 1 4, aunque el error será prácticamente imperceptible.

El quinto vértice, correspondiente a la arista superior del *batiente* aparece en el dibujo sobre la línea AA, lo que es inexacto, pues eso sucedería si y sólo si la charnela del abatimiento, que es la arista inferior de la cara de lecho, fuese perpendicular a la arista exterior del batiente; pero precisamente por el abocinamiento del hueco, no lo es; de nuevo nos encontramos una muestra del desinterés de Aranda por los trasdoses y las testas posteriores.

Para obtener las *plantas por cara*, se emplea como siempre un sistema de abatimientos sucesivos a partir de las *plantas por lecho*. El primer abatimiento tiene por eje la línea D que separa el *batiente* del intradós propiamente dicho. Los puntos a y d, que están sobre D, no se moverán; mientras que el punto b se desplazará dentro de la perpendicular a D que pasa por su proyección horizontal; podremos obtenerlo tomando la longitud de la junta de intradós de la *planta por lecho* correspondiente; no

se puede utilizar la simétrica por el esviaje del capialzado. A continuación se traza un arco con centro en **A** y radio igual a la longitud de la junta de intradós. Donde este arco corte a la perpendicular a **D** que pasa por la intersección de la proyección horizontal de la junta de intradós y la testa estará el punto **b** que buscamos.

No podemos obtener el punto **c** de la misma manera porque los cuatro puntos no son coplanares y al girar sobre la línea **a d**, que está contenida en el plano de impostas, el punto **b** llega a este plano; pero el punto **c**, que no está contenido en el plano que pasa por **a**, **d** y **b**, todavía no ha llegado al plano de impostas. Aranda parece comprender esto y utiliza una construcción aproximada basada en un abatimiento alrededor de **a b**, lo que le permite ganar algo de precisión. Para ello, toma la longitud **c d** de la *planta por lecho* correspondiente, traza un arco con radio igual a esta longitud y centro en **d**; a continuación toma la longitud **b c** del alzado, lo que no representa ahora ningún problema porque el alzado representa la testa en verdadera magnitud y traza un arco con radio igual a esta longitud y centro en **b**; en la intersección de los dos arcos estará el punto **c** buscado. Decimos que la construcción le permite ganar algo de precisión porque al abatir sobre **a b** para llevar a **c** sobre el plano de impostas, el punto **d** que ya estaba en el plano de impostas, pero no en el eje del abatimiento, abandona el plano de impostas; como la distancia de **d** a **a b** será en general menor que la de **c**, hemos ganado en precisión; dicho de otra manera, la *planta* representa en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara de intradós y una diagonal, mientras falsea la otra diagonal.

Capialzado desquijado con sus despiezos

Para trazar este dicho capialzado desquijado por robos con sus despiezos le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y verás los despiezos que hubiere de tener este dicho capialzado supongo que son las dos líneas terminadas **B C** y a estos despiezos sacarás sus arcos en segmento menor de círculo como se hizo en la tercera definición de esta segunda parte a 116 planas de este libro como parece en los arcos **D E** el arco **D** sirve para el despiezo **B** y el arco **E** sirve para el despiezo **C** y el arco **F** sirve de testa del dicho capialzado por el lado de la planta **G** y la línea **H** sirve de batiente para el dicho capialzado y todos tres arcos les entrarás los bolsos en cuadrado como se hizo en la primera difinition de esta segunda parte a 114 planas de este libro y para sacar

Figura 221. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 152.

Figura 222. Capialzado en la iglesia de Santa María de la Coronada de Medina Sidonia.

las plantas por lechos de este dicho capialzado las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho I que se sacó desde el despiezo C hasta el lado de la planta G tomarás en el arco F el capialzo de la junta más baja de la dicha pieza que es la distancia que hubiere desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño echarás de cuadrado desde el punto 3 al punto 4 después tomarás en el arco E el capialzo de la junta más baja de la dicha pieza que es la distancia que hubiere desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño echarás en su despiezo desde el punto 7 al punto 8 y de este punto 8 al punto 4 tirarás la cara de la dicha planta por lecho y las testas las sacarás con el alto de los cuadrados de sus bolsos como parece en la planta por lecho que está entre los cuatro ángulos 4 8 9 10 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas por cuadrado antes que se hayan de robar y las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara L que se sacó para la dicha segunda pieza tomarás el largo de la cara de la dicha planta por lecho desde el punto 8 al punto 4 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto a y con la otra tocarás en el punto b y por este dicho punto b tirarás la testa de la dicha planta por cara hasta el punto c que vaya paralela con el lado de la planta G y ha de tener esta dicha testa de largo lo que tuviere de ancho el cuadrado del bolsor M desde el punto d al punto e y ha de tener la testa contraria desde el punto a al punto f lo que tuviere de ancho el cuadrado del bolsor N desde el punto g al punto h y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por cara como parece entre los puntos a b c f y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas por cuadrado antes que se hayan de robar y sacadas las dichas plantas por lechos y por caras labrarás primero la pieza de cuadrado con las dichas plantas y después la robarás por la testa que sirve para el arco F con los robos del bolsor M y por la testa que sirve al arco E con los robos del bolsor N

Aquí Aranda introduce una nueva variante del *Capialzado desquijado cuadrado* apropiada para capialzados abiertos en muros de gran espesor. Si aplicamos en estos muros la solución que vimos más atrás, puede ocurrir que las dovelas sean excesivamente largas. Para evitarlo se recurre a

construirlo como si fuera una bóveda, utilizando varias dovelas en cada hilada [221]. El buen sentido constructivo exige que las juntas en una y otra hilada estén contrapeadas para conseguir que el capialzado funcione solidariamente y no como una serie de arcos independientes. Este contrapeado no aparece explícitamente ni en el texto ni en los dibujos de Aranda, pero parece claro que se está dando por sabido. En efecto, la *traza* comienza construyendo la planta y la *montea* como se hacía en el *Capialzado desquijado cuadrado*, levantando el arco como un arco escarzano y trazando un *batiente* que se separa del intradós pero que no encuentra continuidad en las jambas. A continuación se nos dice que

verás los despiezos que hubiere de tener este dicho capialzado supongo que son las dos líneas terminadas B C y a estos despiezos sacarás sus arcos en segmento menor de círculo como se hizo en la tercera difinition de esta segunda parte a 116 planas de este libro como parece en los arcos D E el arco D sirve para el despiezo B y el arco E sirve para el despiezo C

Es decir, que se fijan los planos de junta entre dovelas de la misma hilada o *despiezos* B y C y se abaten las secciones D y E por estos planos como se hizo en la *difinition tercera* de esta segunda parte, tomando su altura de la sección por el eje del capialzado que habremos construido previamente; tendremos así no una sino tres *monteas*, la de la testa G y las de los dos *despiezos*, D y E. Después Aranda se apresta a obtener la planta por lecho de una pieza comprendida entre en la testa G y el *despiezo* C. Es aquí donde se hace más evidente el contrapeado de las dovelas, pues la dovela que vamos a labrar atraviesa limpiamente el *despiezo* B, situado entre el despiezo C y la testa G que limitan nuestra dovela. Si la solución no es de dovelas contrapeadas, no se entiende para qué sirve el *despiezo* B; si por el contrario, las dovelas están contrapeadas, está claro que las dovelas adyacentes a la que vamos a labrar, tanto el salmer como la clave, van de la testa G al *despiezo* B y de éste a la testa A.

En cualquier caso, a partir de aquí la solución es completamente diferente a la empleada en los capialzados vistos anteriormente. Aranda abandona la pretensión de labrar las dovelas por el método *por plantas* puro que ha empleado hasta ahora y pasa a emplear un sistema mixto en el que primero labra *por plantas* un bloque de caras planas que envuelve a la dovela real y una vez obtenido el bloque sigue labrando *por robos* para llegar a la dovela definitiva. El expediente es laborioso, pero resuelve de raíz los problemas que había ocasionado hasta ahora el alabeo de las caras.

Para aplicar esto en la práctica, a *todos tres arcos les entrarás los bolsores en cuadrado*, es decir, inscribirás todas las dovelas de los tres arcos E D y F

Capialzado desquijado con sus despiezos

Capialzado desquijado con sus despiezos

en rectángulos de base horizontal que nos darán las testas de los bloques que hemos de desbastar. A continuación se pasa a obtener las *plantas por lecho* del bloque envolvente - y no de la dovela definitiva como se hacía hasta ahora - por el sencillo expediente de proyectarlas sobre el plano vertical que pasa por el eje del capialzado y abatir éste sobre la línea de impostas. Para tomar la arista inferior de la *planta por lecho* bastará con tomar las cotas de las caras inferiores de las *monteas* correspondientes; así, tomaremos la distancia 1 2 de la *montea* F para conocer la distancia al plano de impostas de la testa M del bloque, y llevaremos esta distancia a G desde su intersección con el eje del capialzado 3, para obtener el punto 4 que representa el segmento d e; hay que tener en cuenta que al proyectar sobre el plano vertical que pasa sobre el eje del capialzado, la recta que contiene a d e es una recta de punta y se transforma por la proyección en un punto, que una vez abatido sobre el plano de impostas, nos dará 4. Haremos otro tanto en la E, tomando la distancia 5 6 para determinar la distancia al plano de impostas de la testa opuesta del bloque, N, y la llevaremos sobre C a partir de 7, obteniendo el punto 8 imagen del segmento g h. Tenemos por lo tanto los puntos 8 y 4, extremos de la arista inferior de la *planta por lecho* I. Del mismo modo podemos obtener los extremos de la arista superior, proyectando y abatiendo los lados superiores de M y N.

A continuación se aborda el trazado de las *plantas por cara* por el sistema usado en otros capialzados, pero que aquí se ve libre de los problemas derivados del alabeo de las caras; no hemos de olvidar que no estamos intentando obtener una plantilla para la cara de la dovela definitiva, que es alabeada, sino para la cara del bloque, que es un plano determinado por las dos aristas inferiores de las testas M y N, que son paralelas entre sí.

Para ello abatiremos con eje en C; como siempre, los puntos del eje, tales como a, no se moverán, mientras que el punto d se desplazará sobre la perpendicular a H que pasa por su proyección horizontal. Aranda toma la longitud de la arista inferior 4 8 de la *planta por lecho* simétrica I, traza un arco con centro en a, y sitúa el punto b imagen de d en la intersección de este arco con la perpendicular a H que pasa por D. La construcción no es exacta porque 4 8 está en un plano de perfil, perpendicular a C, mientras que a d está en un plano vertical que por la junta de intradós, que no es perpendicular a C debido al *desquijo* del capialzado; pero en la práctica el error será inapreciable.

La imagen de *e* es particularmente fácil de obtener, pues también se moverá en una perpendicular a *H* que pase por su proyección horizontal o, lo que es lo mismo, en una vertical bajada desde *E*; pero como *d e* es paralela a la charnela, también lo será su imagen abatida, y podemos obtener el punto abatido de *e* sin más que trazar una paralela a la charnela *C*, para lo que podemos basarnos en *G*, que a su vez es paralela a *C*; en la intersección de la línea *b c* así trazada con la vertical que bajamos de *e* estará el punto abatido de *e*. El cuarto punto que ha de cerrar la *planta por cara*, *f*, se obtiene bajando una vertical desde *h*; en la práctica esto se hace tomando la distancia *g h* y llevándola sobre *c* a partir de *a*.

Por una vez, Aranda nos explica brevemente la labra de la pieza:

de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas por cuadrado antes que se hayan de robar y sacadas las dichas plantas por lechos y por caras labrarás primero la pieza de cuadrado con las dichas plantas y después la robarás por la testa que sirve para el arco F con los robos del bolsor M y por la testa que sirve al arco E con los robos del bolsor N

Es decir, una vez obtenidas las plantillas de testa, de lecho y de intradós se labrará la pieza *de cuadrado*, o dicho de otro modo, se desbastará de manera aproximada, con ayuda de las plantillas. Una vez obtenido así el bloque envolvente, se *robarán* cuatro cuñas tal como se hacía en la *difinition* primera de esta segunda parte; pero allí se daba por supuesto que las plantillas de testa eran iguales, mientras que aquí no lo son; por eso no se puede labrar sin más *pasando los dichos robos de una testa a la otra* sino que es necesario comenzar robando *por la testa que sirve para el arco F con los robos del bolsor M y por la testa que sirve al arco E con los robos del bolsor N* y trazando tiradas que permitan realizar la transición entre una y otra testa.

Se encuentran ejemplos de este capialzado en el castillo de Sabiote, tanto rectos como *en viaje* [219], variante que no aparece en el manuscrito de Aranda. Algunos son de ejecución descuidada y otros, por el contrario, de labra muy precisa; cabe la posibilidad de que algunos sean obra de Alonso de Vandelvira.⁶⁷ También el *capialzado desquijado viaje por cara* que da acceso al Jardín de los Frailes escurialense se resuelve por medio de *despiezos*, si bien de ejecución irregular, probablemente para aprovechar los bloques disponibles [220].⁶⁸ La solución aparece varias veces en el monasterio de La Espina; en la puerta de ingreso se combina con un arco para formar una pieza muy similar a la *Puerta cuadrada a regla contra*

⁶⁷ Leopoldo TORRES BALBÁS, «Tras las huellas de Vandaelvira. El Castillo de Sabiote», *Don Lope de Sosa*, 1920, pp. 9-12.

⁶⁸ José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*, p. 107.

Figura 223. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 46 v.

Figura 224. Alonso de Guardia, Manuscrito de arquitectura y cantería.

*capialzado cuadrado desquijado de arco.*⁶⁹ Especialmente interesante es el de la portada de los pies de la iglesia de Medina Sidonia, donde posiblemente trabajó Aranda [222].

Capialzado abocinado en vuelta con sus despiezos

Para trazar este dicho capialzado abocinado en vuelta con sus despiezos le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y asimismo formarás el arco **B** que sirve de testa para el lado de la planta **C** y verás los despiezos que ha de tener este dicho capialzado supongo que son por las dos líneas terminadas **D E** y a estos dichos despiezos les sacarás sus arcos en segmento menor de círculo con las alturas de la línea concurriente **F** que se sacó con el largo de la línea en blanco **G** y con el alto del arco **B** conforme se hizo en la tercera difinition de esta segunda parte a 116 planas de este libro como parecen los arcos **H I** el arco **H** sirve para el despiezo **D** y el arco **I** sirve para el despiezo **E** y la línea **L** sirve de batiente para el dicho capialzado y las plantas por caras de este dicho capialzado las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara que está entre los puntos **a b c d** tomarás el ancho del cuadrado **M** desde el punto **e** al punto **f** y este tamaño echarás desde el punto **a** al punto **b** después tomarás el ancho del cuadrado **N** desde el punto **g** al punto **h** y este tamaño echarás desde el punto **c** al punto **d** y de unos puntos a otros tirarás sus líneas y circunferencias y quedará sacada la dicha planta por cara teniendo cuenta de coger con cada circunferencia del tardos tres despiezos con el ancho de los bolsos que les conviniere y con esta dicha planta por cara has de labrar la pieza primera vez de cuadrado que venga a quedar por el lado redondo desde el punto **a** al punto **c** con la forma que tuviere el cuadrado de la planta por lecho **O** entre los cuatro ángulos **1 2 3 4** y ha de quedar por el lado cavado desde el punto **b** al punto **d** con la forma que tuviere el cuadrado de la planta por lecho **P** entre los cuatro ángulos **5 6 7 8** y después de labrada la dicha pieza de cuadrado con la forma arriba dicha la robarás primera vez de cuadrado con el altura que sube más el cuadrado del bolsor **M** en el arco **B** que no el cuadrado del

⁶⁹ V. p. 105.

bolsor N en el arco I y después de robada vendrá a quedar por el lado redondo con la forma que tuviere la planta por lecho que está entre los cuatro ángulos 1 4 9 10 y ha de quedar por el lado cavado con la forma que tuviere la planta por lecho que está entre los cuatro ángulos 5 8 11 12 y vendrá a quedar por la testa que sirviere para el lado de la planta C con la forma que tuviere el cuadrado de su bolsor M y vendrá a quedar por la testa que sirviere para el despiezo E con la forma que tuviere el cuadrado de su bolsor N y después las robarás segunda vez por las testas con los robos que tuvieren los dichos cuadrados de sus bolsos cortándolos dichos robos de unas testas a otras con unas circunferencias extendidas las cuales dichas circunferencias extenderás por circunferencia concurriente como se hiciere en la difinition [primera] de la [tercera] parte a 219 planas de este libro como parece la cercha extendida Q que se extendió para la circunferencia R

Esta *traza* pretende resolver un problema singular: un capialzado en el que dos cuadrantes de círculo concéntricos hacen las veces de jambas, de tal forma que las dos testas, una de ellas en arco y la otra en dintel, forman ángulo recto [225]. La superficie de intradós es verdaderamente notable, pues es el lugar geométrico de los arcos de círculo que pasan por dos círculos concéntricos y una hélice contenida en un cilindro cuyo eje pasa por el centro de los dos círculos.

A primera vista, la única utilización práctica que puede imaginarse para este capialzado es iluminar una pieza sin luces directas a través de otra que sí las tenga; la solución parece demasiado rebuscada y se podría pensar en un simple ejercicio formal, una demostración de virtuosismo en la línea de algunas trazas de Philibert de L'Orme⁷⁰ sin una verdadera intención de aplicarla en la realidad.

Ahora bien, encontramos piezas idénticas en los manuscritos de Alonso de Guardia y Juan de Portor y Castro [226, 227].⁷¹ Este último nos da una pista acerca de su uso: describe la pieza como «Bóveda [...] oblica capialzada para una escalera». Parece por lo tanto, que se trata de elementos destinados

⁷⁰ V. por ejemplo Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 81 v.

⁷¹ Alonso de GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería* (Manuscrito c. 1600. Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori ...*, Libro II, Venecia, 1566, Biblioteca Nacional de Madrid, ER/4196, f. 78 v.); Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114, 1708, ff. 29, 36

Figura 225. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 156.

Capialzado abocinado en vuelta con sus despiezos

a rematar escaleras de caracol como la *Vía de San Gil* que veremos más adelante,⁷² cuando por cualquier razón uno de sus extremos, en principio el inferior, deba ser resuelto con un dintel por cualquier razón; o inversamente, escaleras como el *Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla* acabadas en un arco.⁷³ Portor incluye además incluye un «Capialzado a regla en vuelta abocardada» que es básicamente el mismo elemento con dinteles en las dos testas, y que podría tener un papel similar respecto al *Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla*, permitiendo un ensanchamiento o estrechamiento en los extremos.

La traza tiene cierta similitud con el *Capialzado desquijado con sus despiezos*: al ser la planta larga, profunda y además curva, todo aconseja dividir cada hilada en varias dovelas, como en una bóveda. La complejidad de la figura hace inevitable obtenerla *por robos* o para ser exactos, mediante una serie de operaciones que combina la labra *por robos* y *por plantas al justo*, pero hay una diferencia significativa: si en el *Capialzado desquijado con sus despiezos* las plantillas de testa y de lecho se obtenían por proyección ortogonal y las de cara por un abatimiento, aquí se van a obtener los tres juegos de *plantas* por proyecciones y desarrollos. Para ello es preciso seguir un orden de operaciones riguroso.

En primer lugar se traza la planta del capialzado con los dos cuadrantes que hacen de jambas, las testas en dintel y arco, y el *batiente*. A continuación se levanta el arco de testa con la flecha que convenga darle, se divide en un número impar de partes iguales su arista inferior y se trazan las *tiranteces* a partir del centro del arco. El paso siguiente es trazar un tercer cuadrante, con el centro de los anteriores y radio igual a la semisuma de sus radios, que desempeña el mismo papel que el eje del capialzado en otras trazas; si queremos repartir las dovelas de cada hilada en partes iguales, podemos hacerlo dividiendo este eje, desde el *batiente* a la testa en arco, por ejemplo en tres partes.

Divididas así las hiladas, mediremos en el eje del *capialzado* sus intersecciones con las testas y *despiezos* C, D, E, y L y las llevaremos sobre una línea cualquiera que hará de base para obtener un desarrollo aproximado del eje del capialzado; para ello levantaremos una perpendicular por el extremo correspondiente a la testa C y sobre ella llevaremos la flecha del arco B; uniendo el punto así obtenido con el otro extremo de la línea base, tendremos el desarrollo F de la sección por el eje

⁷² V. p. 200 y ss.

del capialzado, que como decíamos es una hélice. Señalábamos antes que el desarrollo era aproximado, pues toma las cuerdas de los arcos **C D**, **D E**, y **E L** en lugar de sus longitudes reales; pero en realidad Aranda lo utiliza únicamente para obtener las flechas de los arcos **H** e **I** correspondientes a los *despiezos* **D** y **E**, con lo que no precisa mayor exactitud; así, levantando perpendiculares a la línea base por los puntos correspondientes a **D** y **E** podremos tener fácilmente las flechas de **H** e **I**.

El siguiente paso será construir estos arcos con las flechas así obtenidas y la rosca del arco **B**, dividiendo los intradoses en partes iguales, en este caso cinco, y trazando las juntas de lecho de forma que pasen por el centro de los arcos, que estarán por debajo de la línea de impostas. Ahora, y sólo ahora, podemos construir las proyecciones de las juntas de intradós. Hemos de tener en cuenta que el dintel queda dividido en cinco partes iguales en proyección; pero que aunque el arco esté dividido en cinco partes iguales, la proyección horizontal de la clave será más ancha que la del salmer. Por tanto, para trazar la proyección de las juntas de intradós, tomaremos en el arco **I** las distancias entre las proyecciones de los extremos inferiores de las *tiranteces* y las llevaremos sobre la línea **E**; haremos otro tanto con el arco **H**, llevando las proyecciones de sus distancias entre *tiranteces* sobre la línea **D**; y bajaremos verticales desde las juntas de **B** hasta tocar **C**. Hecho esto, uniremos con arcos de círculo las proyecciones de cada hilada en **L**, **E**, **D** y **C** para obtener la proyección de la junta de intradós correspondiente; llegados a este punto se observa cómo la separación entre las juntas de intradós de la clave va aumentando en perjuicio del salmer, que va disminuyendo o al menos aumentando en menor medida que la clave.

Terminadas todas estas operaciones preliminares, podemos empezar a trazar las verdaderas *plantas por cara*. Como habíamos dicho, esta vez no se obtienen por abatimientos, sino por proyección, dado que el procedimiento de labra comprende una fase *por robos*; por tanto su trazado será sencillo. Precisamente porque vamos a operar *por robos* de lo que se trata es de obtener la envolvente de la dovela. Uno de los lados de la envolvente, que corresponde al punto **e** en alzado, ya lo tenemos, pues es la proyección de la junta de intradós; pero en el otro lado la envolvente **M** no pasa por el extremo inferior de la *tirantez* sino por el superior; por tanto será necesario construir el otro lado. Para ello bajaremos una vertical desde el extremo **f** de la envolvente **M**, que tocará a **C** en el punto **b**; del mismo modo, tomaremos en el arco **I** el ancho **g h** de la envolvente **N** y la llevaremos

⁷³ V. p. 208 y ss.

Figura 226. Alonso de Guardia, Manuscrito de arquitectura y cantería.

Figura 227. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de arquitectura.

sobre el *despiezo* que corresponda, en este caso *E*, a partir del punto *c* para obtener *d*. Si el lado de la *planta* fuera recto, ya lo tendríamos definido, pero es curvo, por lo que hemos de proceder *teniendo cuenta de coger con cada circunferencia del tardos tres despiezos con el ancho de los bolsores que les conviniere*; es decir, que además hemos de tomar el ancho de la envolvente en una sección intermedia, en este caso *H*, para llevarlo sobre la línea de junta correspondiente *D* a partir de la proyección de la junta de intradós, con lo que dispondremos de un punto intermedio que nos da la curvatura de *b d* y nos permite trazar su proyección como un arco de círculo.

A continuación aborda Aranda la construcción de las *plantas por lecho*. Hasta ahora habíamos visto un buen número de trazas en las que las *plantas por lecho* servían de base para trazar las *plantas por cara*, pero es la primera vez en la que se toman datos de las *plantas por cara* para obtener las *plantas por lechos*. Llevaremos la longitud *b d* sobre una línea cualquiera que sirva de base; sobre esta línea de base levantaremos dos perpendiculares sobre los puntos imagen de *b* y de *d*; sobre la perpendicular que pasa por la imagen de *d* llevaremos las distancias a la línea de impostas de los extremos inferior y superior de la envolvente *N* para obtener los puntos *8* y *12* respectivamente; del mismo modo llevaremos sobre la perpendicular levantada a partir de la imagen de *b* las cotas de las aristas superior e inferior de *M* para obtener los puntos *11* y *5*, con lo que tendremos los cuatro vértices de la *planta por lecho* correspondiente a la cara cóncava del bloque del que hemos de extraer la dovela. Por el mismo procedimiento podemos obtener la *planta por lecho* del lado convexo, aunque no resulta fácil comprender su utilidad, como veremos más adelante.

Al contrario de lo que sucede en otras ocasiones, la labra de las dovelas se describe con amplitud. En primer lugar, se ha de desbastar un bloque con forma de prisma mixtilíneo que tenga por base la *planta por cara* y la altura de las envolventes de las *plantas por lecho* desde los puntos *4* y *8* hasta los puntos *1* y *5*; nótese que Aranda dice *con la forma que tuviere el cuadrado de la planta por lecho*. En la segunda fase sí que se le da la forma de las *plantas por lecho*:

después de labrada la dicha pieza de cuadrado con la forma arriba dicha la robarás primera vez de cuadrado con el altura que sube más el cuadrado del bolsor M en el arco B que no el cuadrado del bolsor N en el arco I y después de robada vendrá a quedar por el lado redondo con la forma que tuviere la planta por lecho que está entre los cuatro ángulos 1 4 9 10 y ha de quedar por el lado cavado con la forma que tuviere la planta por lecho que está entre los cuatro ángulos 9 8 11 12 y vendrá a quedar por la testa que sirviere para el lado de la planta C con la forma que tuviere el cuadrado de su bolsor M y vendrá a quedar por la testa que sirviere para el despiezo E con la forma que tuviere el cuadrado de su bolsor N

Es decir, se han de robar dos cuñas, una por encima y otra por debajo de la dovela, de forma que obtengamos cuatro tiradas que unan dos a dos los cuatro vértices de **M** con los cuatro vértices de **N**, con ayuda de las mal llamadas *plantas por lecho*; y decimos mal llamadas porque se colocan en un plano vertical para obtener una superficie reglada de generatrices verticales; la verdadera junta de lecho inclinada, en la que apoya una dovela sobre otra, se obtiene en la fase siguiente. Por otra parte, la *planta por lecho* del lado cóncavo puede ser útil, aunque no imprescindible, para labrar esta superficie, pues el cantero la puede apoyar en los cuatro vértices de la cara para controlar la ejecución; en cambio, la del lado convexo no debía de ser de gran ayuda, pues no se puede apoyar en los cuatro vértices al mismo tiempo por impedirlo la convexidad de la superficie.

Una vez hecho todo esto podemos pasar a la labra *por robos* propiamente dicha, tal como se describe en la *difinition* primera de esta segunda parte, quitando cuatro cuñas: una por debajo para materializar la superficie de intradós; dos por los lados, que nos permiten dar forma, esta vez sí, a los verdaderos lecho y sobrelecho de la dovela; y una por encima que corresponde al trasdós y es de suponer que se acabaría de forma menos precisa; en palabras de Aranda *después las robarás segunda vez por las testas con los robos que tuvieren los dichos cuadrados de sus bolsores cortándolos dichos robos de unas testas a otras*. Para ayudarnos a labrar las tiradas curvas que conectan una testa y otra nos dice que

con unas circunferencias extendidas las cuales dichas circunferencias extenderás por circunferencia concurriente como se hiciere en la difinition de esta la tercera parte a planas de este libro como parece la cercha extendida Q que se extendió para la circunferencia R

La *difinition* a la que se refiere el texto no puede ser otra que la primera de la tercera parte, en las planas 219 a 221. Siguiéndola, se trata de construir el arco **R** en verdadera magnitud, para lo que trazaremos una línea de base que tenga la longitud de la cuerda del arco **R** que se extiende entre los *despiezos* **C** y **E** y una perpendicular por el extremo correspondiente a **C** sobre el que se llevará la distancia entre cotas de ambos extremos, es decir, la longitud **f b** descontando la altura de **h** sobre la línea de impostas; la hipotenusa del triángulo rectángulo así obtenido nos dará la distancia entre los extremos del arco **R** y sobre el punto medio de esta hipotenusa trazaremos una perpendicular sobre la que llevaremos la flecha de **R** tomada de la proyección horizontal con lo que obtendremos la *cercha* que Aranda considera como la representación en verdadera magnitud del arco **R**.

Es muy interesante constatar que queda en blanco la página de la *difinition* a la que se refiere; más arriba veíamos que en el *Corredor volado sin columnas formado de arcos avanzados* Aranda se refería a una *traza* de la quinta parte del manuscrito, que no figura en la copia que conocemos; la precisión de la referencia nos hacía pensar que Aranda había redactado o por lo menos planeado con gran detalle la totalidad del manuscrito, y que el copista lo tenía en su poder. Ahora vemos que cuando el autor de manuscrito del Servicio Histórico Militar se encuentra una referencia a una parte del manuscrito que tenía en su poder con seguridad, como esta *difinition* primera que sí figura en la copia que conocemos, actúa de la misma manera. Esto refuerza nuestras suposiciones; pero lo que no es fácil de explicar es porqué deja también en blanco un espacio reservado al número de *difinition*.

Capialzado abocinado en vuelta en torre redonda

Para trazar este dicho capialzado en vuelta en torre redonda le formarás la planta como parece entre lo cuatro ángulos **A** y asimismo formarás el arco **B** que sirve de testa para el lado redondo de la planta **C** y verás los despiezos que hubiere de llevar que son las líneas terminadas **D E** y a estos dichos despiezos les sacarás sus arcos en segmento menor de círculo como parecen los arcos **D E** con las alturas que causaren los dichos despiezos en la línea concurriente **F** que se sacó con la línea en blanco **G** y con el alto del arco **B** y las plantas por caras las sacarás de cuadrado conforme se hizo en el capialzado abocinado en vuelta a 155 planas de este libro como parece la planta por cara que está entre los ángulos **a b c d** y las plantas por lechos las sacarás como se hizo en el dicho capialzado abocinado en vuelta como parece la planta por lecho que esta entre los cuatro ángulos **1 2 3 4** que sirve para el lado redondo de la dicha planta por cara desde el punto **a** al punto **d** y la planta por lecho que está entre los cuatro ángulos **5 6 7 8** sirve para el lado cavado de la dicha planta por cara desde el punto **b** al punto **c** y las piezas de este dicho capialzado las robarás primera y segunda vez conforme se hizo en el dicho capialzado abocinado en vuelta cortándoles las testas con los robos que causaren los cuadrados de sus bolsos y de unas testas a otras con las circunferencias extendidas por circunferencia

concurriente como parece la circunferencia **H** que se extendió de la circunferencia **I**

Este «corte» es una variante del anterior en que la testa en arco se abre en un muro convexo [228]. En el *Capialzado abocinado en vuelta con sus despiezos* decíamos que el empleo más verosímil de esta pieza era comenzar o rematar una escalera de caracol de las conocidas como *Vía de San Gil* con un dintel; esta interpretación aquí es imposible y absurda, pues la testa *redonda* no entestará con la escalera de caracol, pero se puede pensar, en cambio, en rematar un *Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla* con un arco abierto en un muro de paramento curvo.⁷⁴

Como en el caso anterior, dos cuadrantes de círculo concéntricos hacen de jambas, y en la planta la cuerda del muro convexo y el dintel forman ángulo recto; la superficie de intradós es el lugar geométrico de los arcos de círculo que pasan por los dos círculos concéntricos y una hélice incluida en un cilindro cuyo eje pasa por el centro de los dos círculos. También como en el caso anterior la planta larga, profunda y curva, hace absolutamente necesario dividir cada hilada en varias dovelas, como en una bóveda.

El método de trazado y la labra es el mismo del «corte» anterior, sin que el muro convexo imponga variaciones significativas. En primer lugar se traza la planta del capialzado con las dos jambas en cuadrante, las testas convexa y plana y el *batiente*. Después se levanta un arco que vamos a proyectar sobre la testa convexa para obtener el arco real; para ello tomaremos la flecha que convenga darle, dividiremos en cinco partes la arista inferior y trazaremos las *tiranteces* pasando por el centro del arco. A continuación trazaremos un tercer cuarto de círculo que representa la proyección en planta de la hélice y repartiremos las dovelas de cada hilada, normalmente dividiendo en tres partes el eje, desde el *batiente* a la testa en arco.

Llegados aquí, mediremos en el eje del *capialzado* sus intersecciones con las testas y *despiezos*, llevándolas sobre una línea de base sobre la que construiremos una perpendicular por el extremo correspondiente a la testa **C**; sobre esta perpendicular marcaremos una distancia igual a la flecha del arco **B** y uniremos el punto así obtenido con el otro extremo de la línea base, lo que nos dará el desarrollo **F** de la sección por el cilindro que contiene a la hélice de una manera aproximada, pero suficiente para

⁷⁴ V. pp. 200 y 208.

Figura 228. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 158.

Capialzado abocinado en vuelta en torre redonda

obtener con exactitud las flechas de los arcos **D** y **E** levantando perpendiculares a la línea base por los puntos correspondientes a las intersecciones de sus *despiezos*.

A continuación trazaremos estos arcos con las flechas así obtenidas y el grosor de la rosca de **B**, dividiendo sus intradoses en partes iguales y construyendo las *tiranteces* de manera que pasen por el centro de los arcos. Podemos obtener las proyecciones de las juntas de intradós tomando en el arco **E** las distancias entre las proyecciones de los extremos inferiores de las *tiranteces* sobre la línea de impostas y llevándolas sobre su *despiezo*; lo mismo haremos con **D**. Bajaremos verticales desde las juntas de **B** hasta tocar la testa *redonda*, para después unir con arcos de círculo las proyecciones de cada hilada y así obtener la proyección de la junta de intradós correspondiente.

Ahora podemos abordar el trazado de las verdaderas *plantas por cara*, que no se obtienen por abatimientos, sino por proyecciones, dado que la labra es en parte *por robos* y nuestro objetivo es obtener la envolvente de la dovela. Uno de los lados de esta envolvente ya está construido, pues es la proyección de la junta de intradós; pero en el otro lado la envolvente **M** no pasa por el extremo bajo de la *tirantez* sino por el alto. Para construir el otro lado bajaremos una vertical desde el extremo de la envolvente de la dovela en **B**, que tocará al muro convexo en **b**; de la misma manera, tomaremos en el arco **E** el ancho de la envolvente de la dovela y la llevaremos sobre el *despiezo* **E**, a partir del punto **d** para obtener **c**; y también obtendremos por el mismo método un punto intermedio, en este caso el del *despiezo* **D**, para disponer de la curvatura de **b c** y nos permite trazar su proyección como un arco de círculo **I**.

A continuación se emprende la construcción de las *plantas por lecho*. Llevaremos para ello la longitud **b c** sobre una línea base y sobre los dos extremos trazaremos dos perpendiculares; sobre la correspondiente a **c** llevaremos las distancias a la línea de impostas de los extremos inferior y superior de la envolvente de la dovela para obtener los puntos **8** y **7** respectivamente; del mismo modo llevaremos sobre la perpendicular levantada a partir de la imagen de **b** las cotas de las aristas superior e inferior de la envolvente de la dovela en el arco **B** para obtener los puntos **6** y **5**, con lo que tendremos los cuatro vértices de la *planta por lecho* correspondiente a la cara cóncava del bloque del que hemos de extraer la dovela; por el mismo procedimiento trazaremos la *planta por lecho* del lado convexo.

La labra es muy compleja, pero ha sido descrita con precisión en el *Capialzado abocinado en vuelta con sus despiezos*. Se da comienzo desbastando un prisma mixtilíneo que tenga por base la *planta por cara* y por altura la de las envolventes de las *plantas por lecho* desde los puntos 4 y 7 hasta los puntos 2 y 5. A continuación se da al bloque la forma de las *plantas por lecho*, robando dos cuñas, una por encima y otra por debajo de la dovela, mediante cuatro tiradas que unan los vértices de las envolventes de las dovelas en testa, ayudándonos de las *plantas por lecho*; aunque hay que decir que la del lado cóncavo se puede utilizar para labrar esta superficie apoyándose en los cuatro vértices para comprobar si la ejecución es exacta, pero la del lado convexo no serviría de mucho, pues no se puede apoyar en los cuatro vértices por la convexidad de la cara.

Ahora puede comenzar la labra *por robos* propiamente dicha, quitando cuatro cuñas: una por debajo para dar forma al intradós, dos por los lados para materializar los lechos y una por arriba que nos da el trasdós. Para ayudarnos en la labra de las tiradas curvas que conectan una testa y otra podemos construir el arco I en verdadera magnitud trazando una línea de base con la longitud de su cuerda entre la testa C y el *despiezo* E y una perpendicular por el extremo correspondiente a C sobre la que se lleva la distancia entre cotas de ambos extremos; la hipotenusa del triángulo rectángulo así obtenido nos da la distancia entre los extremos del arco R; y por el punto medio de esta hipotenusa podemos trazar una perpendicular sobre la que llevaremos la flecha de I tomada de su proyección horizontal, lo que nos da la *cercha* que Aranda toma como magnitud del arco I.

Capialzado abocinado en vuelta en torre cavada

Para trazar este dicho capialzado abocinado en vuelta en torre cavada le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos A y asimismo formarás el arco B que sirve de testa para el lado de la planta cavada C y le repartirás los despiezos que ha de tener que son las líneas terminadas D E y a estos dichos despiezos les sacarás sus arcos en segmento menor de círculo como parecen los arcos D E con las alturas q tuvieren sus despiezos en la línea concurriente F que se sacó del largo de la línea en blanco G y con el alto del arco B como se hizo en la tercera difinition de esta segunda parte a 116 planas de este libro y las plantas por caras las sacarás de cuadrado conforme se hizo en el capialzado abocinado en vuelta a 155 planas de este libro como parece la planta por cara que esta

entre los cuatro ángulos **a b c d** y las plantas por lechos las sacarás primero de cuadrado y después como se hizo en el dicho capialzado abocinado en vuelta como parece la planta por lecho que esta entre los cuatro ángulos **1 2 3 4** que se sacó para el lado redondo de la dicha planta por cara desde el punto **a** al punto **d** y la planta por lecho que está entre los cuatro ángulos **5 6 7 8** sirve para el lado cavado de la dicha planta por cara desde el punto **c** al punto **b** y las piezas de este dicho capialzado las robarás primera y segunda vez conforme se hizo en el dicho capialzado abocinado en vuelta cortándoles las testas con los robos que causaren los cuadrados de sus bolsos y de unas testas a otras con las circunferencias extendidas por circunferencia concurriente como parece la circunferencia **H** que se extendió de la circunferencia **I**

Si en la *traza* anterior analizamos un capialzado de planta en cuadrante de círculo con una testa en un muro convexo, aquí nos encontramos con el mismo problema referido a un muro de paramento cóncavo [229]. Por tanto, la única diferencia en el trazado la vamos a encontrar en el extremo del capialzado correspondiente a la pared curva. A nuestros ojos esto puede parecer una repetición inútil; sin embargo, todavía más insistente es Cristóbal de Rojas, que en su *Teórica y práctica de Fortificación* presenta dos arcos «en torre cavado» y «en torre redondo» que en realidad son exactamente el mismo, visto desde uno y otro lado.⁷⁵ Como en el caso anterior, la única utilización práctica de este «corte» parece ser entestar con *Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla*⁷⁶ para rematarlo con un arco abierto en un muro convexo.

De nuevo las jambas vienen dadas por dos cuadrantes de círculo concéntricos y la cuerda del paramento cóncavo y el dintel que cierra el capialzado por el otro extremo forman un ángulo recto. La superficie de intradós puede definirse como el lugar geométrico de los arcos de círculo que pasan por los dos círculos concéntricos y una hélice incluida en un cilindro cuyo eje pasa por el centro de los dos círculos. Como en las dos *trazas* anteriores es necesario dividir cada hilada de la pieza en varias dovelas pues de lo contrario éstas serían excesivamente largas y el sólido capaz que las envuelve sería de un volumen muchas veces superior al de la propia

⁷⁵ Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación, conforme a las medidas de estos tiempos*, Madrid, Luis Sánchez, 1598, f. 100 v. (Ed. facsímil, *Tres tratados sobre fortificación y milicia*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1985).

⁷⁶ V. pg. 208.

dovela, dando lugar a un desperdicio desproporcionado de trabajo y material.

Otra vez empleamos el mismo sistema de trazado y labra. Comenzamos trazando la planta del capialzado con los dos cuadrantes que dan las jambas, las testas convexa y plana y el *batiente*. A continuación levantamos un arco escarzano **B** que proyectado sobre la testa cóncava dará el arco real; dividimos la arista inferior en cinco partes y trazamos las *tiranteces* pasando por el centro del arco. Después trazamos un tercer cuadrante que representa la proyección en planta de la hélice que hace las veces de eje del capialzado y dividimos cada hilada en las dovelas que sea preciso mediante *despiezos* trazados como radios de los arcos que nos daban las jambas.

Seguidamente mediremos en el eje del *capialzado* sus intersecciones con las testas y *despiezos* y las llevaremos a una línea de base sobre la que trazaremos una perpendicular por el extremo correspondiente a la testa **C**; sobre esta línea ortogonal señalaremos una distancia igual a la flecha de **B** uniendo el punto así obtenido con el otro extremo de la línea base, lo que nos da el desarrollo **F** de la sección del capialzado por el cilindro que contiene a la hélice. Esta sección es aproximada, pues lo que hemos llevado a la línea base son las cuerdas de los arcos **C D**, **D E** y **E L**, pero nos basta para hallar con exactitud las flechas de los arcos **D** y **E** levantando perpendiculares a la línea base por los puntos correspondientes a las sus intersecciones con el eje del capialzado.

Llegados a este punto, levantaremos estos arcos empleando las flechas así obtenidas y el grosor de la rosca del arco de testa **B**; los repartiremos en un número impar de partes, en este caso cinco, y trazaremos las *tiranteces* de manera que pasen por el centro de los arcos. Ahora, y sólo en este momento, podemos obtener las proyecciones horizontales de las juntas de intradós tomando de los arcos que representan las secciones por **D** y **E** las distancias entre las proyecciones de los extremos inferiores de las *tiranteces* y llevándolas sobre estos *despiezos* **D** y **E**. Repartiremos en partes iguales el dintel **A A** y bajaremos verticales desde las juntas de **B** hasta tocar la testa *cavada*, uniendo a continuación de tres en tres puntos las proyecciones de cada hilada con arcos de círculo, lo que nos dará la proyección de la junta de intradós correspondiente.

Después podemos trazar las *plantas por cara*, que se obtienen por proyecciones dado que vamos a labrar la dovela por un método mixto entre *robos* y *plantas*. En el caso general, la dovela que no es salmer ni clave, tendremos ya trazado uno de los lados de la *planta*, el que corresponde a la

Figura 229. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 160.

Capialzado abocinado en vuelta en torre cavada

junta de intradós superior; en cambio el otro estará sin trazar pues corresponde a la junta de trasdós, pero podemos construirlo del mismo modo que hemos trazado las juntas de intradós, bajando verticales desde la junta de trasdós hasta intersectar la línea de impostas en la testa **B** o en las secciones por los *despiezos* **D** y **E** según corresponda, tomando la distancia a la junta de intradós y llevándola a la planta para obtener los puntos **b** y **c**. En cuanto a los lados cortos de la *planta por cara*, también los tenemos contruidos, pues serán los tramos de la testa, los *despiezos* o el dintel **A A** que quedan delimitados entre los lados largos de la *planta*.

A continuación se puede abordar la construcción de las *plantas por lecho*. Llevaremos para ello la longitud **b c** sobre una línea base; podemos emplear la que ya tenemos trazada para representar la sección por el eje del capialzado, pero no es imprescindible. Sobre los extremos de **b c** levantaremos sendas perpendiculares en las que marcaremos las alturas sobre la línea de impostas en **b** y en **c** para obtener los puntos **3** y **4** respectivamente. Partiendo de **3** y de **4** llevamos las alturas de las envolventes de cada dovela, tomadas de la testa o de las secciones por los *despiezos*, para obtener los puntos **2** y **1** respectivamente, con los que cerramos la *planta por lecho* **2 3 4 1**. Del mismo modo obtendremos la otra *planta por lecho* **5 6 7 8** correspondiente al lado **a d**, aunque su utilidad es dudosa, pues debido a la convexidad de la cara no se puede apoyar en los cuatro vértices y su empleo queda reducido a la simple comprobación de la exactitud de la labra.

El método de labra es el mismo del *Capialzado abocinado en vuelta con sus despiezos*. Comenzamos desbastando un prisma mixtilíneo que tiene por base la *planta por cara* y por altura la de las envolventes de las *plantas por lecho* desde los puntos **4** y **8** hasta los **2** y **6**. Luego robaremos dos cuñas, una por encima y otra por debajo de la dovela para dar al bloque la forma de las *plantas por lecho*. En una tercera fase se puede abordar la labra *por robos* propiamente dicha, quitando una cuña por debajo de la dovela para materializar el intradós, dos por los lados para dar forma a los lechos y una por arriba con la que obtenemos el trasdós. En la labra de las tiradas curvas que conectan una testa y otra podemos emplear una «regla-cercha» que represente una aproximación a la forma del arco **I** en verdadera magnitud. Trazaremos para ello una línea de base sobre la que marcaremos la longitud de su cuerda entre la testa **C** y el *despiezo* **E** y levantaremos una perpendicular por el extremo correspondiente a **C** sobre la que llevaremos la distancia entre cotas de los dos extremos; la hipotenusa del triángulo rectángulo así formado nos da la distancia entre los extremos del arco **b c**;

por el punto medio de la hipotenusa podemos trazar una perpendicular a la que llevaremos la flecha de I tomada de la proyección horizontal, lo que nos da la *cercha* que Aranda toma como la representación en verdadera magnitud del arco I.

Capialzado de arco contra el dintel

Para trazar este dicho capialzado de arco contra el dintel le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos A y asimismo formarás el arco B que sirve de testa para el lado de la planta C y el dintel D sirve de testa para el lado de la planta E y para sacar las plantas por lechos las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho F que se sacó para la junta G tomarás el largo de su junta desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño echarás en su plomo desde el punto 3 al punto 4 después tomarás lo que capialza la dicha junta desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño echarás desde el punto 4 al punto 7 y a este dicho punto 7 tirarás la cara de la dicha planta por lecho F desde el punto 3 después tomarás en el dintel el largo de la dicha junta desde el punto 6 al punto 8 y este tamaño echarás desde el punto 7 al punto 9 y después tomarás en el arco el largo de su junta desde el punto 5 al punto 10 y este tamaño echarás desde el punto 3 al punto 11 y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por lecho para plantarla al justo como parece entre los puntos 3 7 9 11 y las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara H tomarás el largo de la cara de la planta por lecho I desde el punto 12 al punto 13 y este tamaño echarás desde el punto a al punto b y después tomarás el largo de la cara de la planta por lecho F desde el punto 3 al punto 7 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 1 y con la otra tocarás en el punto c que venga a quedar de testa desde el dicho punto c al punto b lo que tuviere de ancho su bolsor desde el punto d al punto e y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por cara como parece entre los puntos 1 a b c y háse de advertir que la línea L es subida que hace el dintel más que el arco por las paredes del dicho capialzado.

Figura 230. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 162.

Capialzado de arco contra el dintel

En el *Capialzado desquijado cuadrado*⁷⁷ y los siguientes se resolvía un hueco con forma de arco en una testa y dintel en la otra dispuestos de tal manera que al arrancar de la misma línea de impostas, el arco se situaba por encima del dintel en la clave. Aquí en cambio, el dintel se dispone sobre una línea que pasa por encima de la clave del arco; o dicho de otro modo, el dintel está por encima del arco en toda la luz del hueco, incluso en la clave [230]. Es de destacar que todos los capialzados que hemos visto hasta ahora son *desquijados* esto es, con luz mayor en una testa que en la otra, a la manera de un arco abocinado; pero éste tiene la misma luz en ambas testas. Otro rasgo peculiar de este capialzado es que no tiene *batiente* o franja preparada especialmente para recibir la carpintería.

Existen varios ejemplos de esta pieza en los sótanos o «cantinas» del Monasterio del Escorial, especialmente en la fachada de mediodía, construida en 1564 bajo la maestría de Juan Bautista de Toledo [232].⁷⁸ Encontramos allí no sólo una versión recta similar a la que se describe en esta *traza*, sino también otra solución en *viaje por cara* que Aranda no incluye.

El trazado comienza construyendo la planta y un alzado obtenido como proyección en la el que el arco y el dintel se representan al mismo lado de la pieza. Para repartir el dovelaje se divide el arco en cinco partes y se trazan las *tiranteces* no a partir del centro del arco, sino buscando que la junta de lecho del salmer pase por el ángulo del dintel; como la *tirantez* es la misma para el arco y el dintel, las juntas de lechos están en planos de canto, lo que puede simplificar en gran medida el trazado, pero Aranda lo complica innecesariamente.

El primer paso para construir la *planta por lecho* es tomar la longitud de la proyección de la junta de intradós 1 2 y llevarla sobre la vertical que pasa por 3 para obtener el punto 4. Una vez hecho esto, se lleva la distancia entre los extremos de la junta de intradós en alzado 5 6 a partir de 4 paralelamente a E para obtener el vértice de la *planta por lecho* 7. Pues bien, al operar así, se están entrelazando dos métodos válidos por separado, pero que dan un resultado inexacto al mezclarse.

Se podría obtener fácilmente la *planta* abatiendo con charnela en la recta de punta 5, tal como se hacía en la *Puerta de arco contra capialzado a*

⁷⁷ V. p. 62.

⁷⁸ Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 85, 102.

regla;⁷⁹ pero en tal caso, el punto 6 se movería en un plano perpendicular a la charnela y no saldría de E. También cabe la posibilidad de abatir con charnela en la proyección de la junta de intradós sobre el plano horizontal que pasa por 5, pero en ese caso 6 se desplaza en el abatimiento en un plano vertical perpendicular a la charnela y no paralelamente a la testa E. Y puede construirse directamente la *planta* hallando la verdadera magnitud de 5 6 y obteniendo el resto de los vértices por diagonales; en tal caso habría que componer un triángulo rectángulo con la proyección en planta de la junta de intradós y la **diferencia de cotas** entre 5 6, y no su distancia. El texto puede interpretarse en este sentido, pues dice que *tomarás lo que capialza dicha junta desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño echarás desde el punto 4 al punto 7*. El verbo *capialzar* se refiere etimológicamente a una diferencia de cotas, y Aranda lo utiliza en general en ese sentido, pero el dibujo lo desmiente, pues allí 4 7 es prácticamente igual a 5 6 y mayor que la diferencia de cotas. Por otra parte, si lo que se está haciendo es construir directamente la *planta* debería reflejarse cuál es el procedimiento que se usa para obtener el punto 9, pues en tal caso no puede admitirse sin más que 7 9 es paralelo a E.

Como resumen de toda esta discusión, parece verosímil que lo usual fuera abatir la *planta* alrededor de la recta de punta 5, que es el trazado más sencillo, y que Aranda, buscando mejorar este sistema, incurriera en hipercorrección; hay que tener en cuenta que en la *traza* siguiente el dibujo utiliza el método de abatimiento alrededor de la recta de punta y, curiosamente, el texto remite sin más a esta traza que estamos estudiando:

las plantas por lechos de este dicho capialzado las sacarás con el capialzo que suben los plomos de las juntas en el dintel más que no en el arco y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsos como se hizo en el capialzado de arco contra dintel a 161 planas de este libro

Por otra parte, el orden de las operaciones después de obtenido el punto 7 es el lógico al abatir alrededor de la recta 5: se lleva la distancia 6 8 paralelamente a E desde 7 para obtener el punto 9; y se lleva 5 10 sobre C a partir de 3 para obtener 11; con los cuatro puntos 3 7 9 11 tenemos la *planta por lecho*. La única diferencia con la construcción correcta es que el segmento 7 9 debería estar contenido en la testa.

Las plantas por cara se obtienen por el método empleado en otras ocasiones, entre ellas el *Capialzado desquijado cuadrado*. Una vez obtenidas

⁷⁹ V. p. 30.

Capialzado de arco contra el dintel

Figura 231. Capialzado en Salamanca.

Figura 232. Capialzado en los sótanos o cantinas del monasterio de San Lorenzo del Escorial.

las dos plantas por lecho situadas a ambos lados de la planta por cara que queremos obtener, abatimos con charnela en la testa E, pues aquí no existe batiente. Los dos vértices situados sobre E no se moverán, pero el vértice **b** se moverá sobre una perpendicular a E y podremos obtenerlo tomando la longitud 12 13 de la planta por lecho correspondiente y situando **b** donde un arco con centro en **a** y radio igual a esta longitud corta a la vertical que baja de **d**. A continuación se obtiene el cuarto vértice en la intersección de un arco con centro en **b** y radio igual a **e d** y otro con centro en el vértice inferior izquierdo de la planta, marcado con **A** y longitud igual a 3 7, que obtenemos de la planta por lecho F. La *planta* así obtenida no representa en verdadera magnitud la cara de intradós de la dovela, que es alabeada, pero sí sus cuatro lados y una diagonal.

Capialzado desquijado de arco contra dintel

Para trazar este dicho capialzado desquijado de arco contra dintel le formarás la planta como parece entre los ángulos **A** y asimismo formarás el arco **B** que sirve de testa para el lado de la planta **C** y el dintel **D** sirve de testa para el lado de la planta **E** y las plantas por lechos de este dicho capialzado las sacarás con el capialzo que suben los plomos de las juntas en el dintel más que no el arco y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsos como se hizo en el capialzado de arco contra dintel a 161 planas de este libro

Decíamos al analizar el «corte» precedente, el *Capialzado de arco contra el dintel*, que se trataba del primer capialzado que no era *desquijado*, es decir, de jambas concurrentes. En éste se trata de resolver el mismo problema, el de un capialzado con un arco en una testa y un dintel en la otra dispuestos de tal manera que el dintel se sitúa sobre una línea que pasa por encima de la clave del arco [233]. Como el anterior, en este capialzado tampoco hay *batiente* o faja destinada a recibir la carpintería.

El problema tiene puntos de contacto con el *Arrière - voussure de Montpellier*,⁸⁰ pero en la solución francesa, se da forma curva a las juntas de intradós, lo que conduce a una superficie cilíndrica, o pseudocilíndrica, mientras que en éste dichas juntas son rectas, con lo que se obtiene una

⁸⁰ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, pp. 119-120.

superficie reglada. Si el lector del manuscrito desea trazar un capialzado equivalente al de Montpellier, puede resolverlo del modo que se expone aquí y después dar forma curva a las testas de acuerdo con el procedimiento que se expone a renglón seguido en el *Capialzado desquijado en cercha por la cara*.⁸¹

Esta vez el trazado comienza construyendo la planta con las jambas *desquijadas* y dos alzados, ahora contruidos como abatimientos de cada testa a su lado del muro, contrariamente a lo que se hacía en el *Capialzado de arco contra el dintel*,⁸² donde se trabajaba con un solo alzado obtenido como proyección del conjunto. Esta diferencia aparentemente menor va a condicionar el reparto del dovelaje y la planeidad de las caras de lecho; el arco se divide en cinco partes y se trazan las *tiranteces* de su lado, esta vez a partir del centro del arco, en contra de lo que sucedía en el *Capialzado de arco contra el dintel*. Hecho esto, se bajan verticales desde los extremos de las *tiranteces* hasta encontrar la arista inferior del dintel **D** y desde estos puntos se reparte el dovelaje. Parece que todas las *tiranteces* pasan por el punto que resulta de proyectar el centro del arco **B** sobre el paramento **E**, aunque Aranda no dice nada al respecto; es decir, que todas, tanto las de una testa como las de la otra, cortan a una recta perpendicular a los paramentos que pasa por el centro de **B**. Lo que sí está claro es que esta vez las caras de lecho no son planas, al contrario de lo que sucedía en el *Capialzado de arco contra el dintel*, pues las dos *tiranteces* de la cara son segmentos que no son en general paralelos.

Como habíamos dicho antes, aquí Aranda abate con eje en la recta de punta que pasa por el extremo inferior de las *tiranteces* de **B**. Para ello toma la diferencia de cotas entre este punto y el extremo inferior de la *tirantez* de **D** y la lleva sobre **E** a partir de la vertical que une ambos puntos, con lo que está obteniendo el punto abatido del extremo inferior de la *tirantez* de **D**. Si quisiéramos obtener las imágenes de los extremos superiores, cosa que no se hace en el dibujo, bastaría con llevar las longitudes de las *tiranteces* sobre **C** y **E**. Pero la *planta* así obtenida no sería exacta porque la cara no es plana; quizá por eso Aranda no la obtiene, y se contenta con una simple «saltarregla» al modo de Vandelvira o Rojas.⁸³

⁸¹ V. p. 99.

⁸² V. p. 94.

⁸³ V. Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, pássim y Cristóbal de ROJAS, *Teórica y práctica de fortificación* ...f. 99 r.-100 v.

Figura 233. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl.164.

Capialzado desquijado de arco contra el dintel

Tampoco son planas las *plantas por cara*, pero Aranda las construye por el mismo método de otras ocasiones; abate con charnela en la testa E y los dos vértices situados sobre E no se moverán, pero los otros dos se moverán sobre una perpendicular a E, por lo que podemos obtenerlos tomando la longitud de la arista de la *saltrarregla* correspondiente y situando el vértice donde un arco con radio igual a la longitud de la arista corta a la vertical; a continuación se obtiene el cuarto vértice en la intersección de un arco con radio igual a la arista inferior de la *planta por lecho* del otro lado y otro con longitud igual a un tramo del arco B. A consecuencia de esto, la *planta* representa en verdadera magnitud los cuatro lados y una diagonal de la cara de intradós de la dovela, mientras que falsea la otra diagonal.

Capialzado desquijado en cercha por la cara

Para trazar este dicho capialzado desquijado en cercha por la cara le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos A y asimismo formarás el arco B que sirve de testa para el lado de la planta C y la línea D es el batiente del dicho capialzado y para sacar las plantas por lechos de las piezas de este dicho capialzado las sacarás primero extendiendo las caras con el largo de las juntas de la planta y con el alto de sus capialzos y sacarás las testas con el alto de los plomos del tardos de las dichas juntas como se hizo en el capialzado desquijado cuadrado a 146 planas de este libro y las plantas por caras las sacarás primero con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsos como se hizo en el dicho arco desquijado cuadrado y después de labradas las piezas por cuadrado con las plantas por lechos y por caras arriba dicho y labrados los lechos les robarás las caras en cercha sacando las cerchas de esta manera supongo que quieres sacar la cercha E repartirás el largo de la cara de la planta por lecho F desde el punto 1 al punto 2 en seis partes en más u menos y una de estas partes desviarás en ángulo recto por la mitad de la dicha cara desde el punto 3 al punto 4 y con la circunferencia extendida E cogerás los dichos tres puntos 1 4 2 y esta será la cercha que ha de tener por la cara la dicha planta por lecho F y de esta manera se han de sacar todas las demás cerchas para las caras de las dichas plantas por lechos y háse de advertir que la primera cercha G no se ha de plantar por el lecho bajo de la primera pieza sino

se ha de robar y entrar perpendicularmente que haga plomo con el lado desquijado del dicho capialzado

Más que una *traza* independiente parece que se da aquí un medio para obtener un intradós curvo en cualquier capialzado [234], pero se utiliza el *Capialzado desquijado cuadrado* para exponerlo; en tal caso el resultado será próximo al conocido *Arrière - voussure de Saint Antoine*; si se aplica el procedimiento al *Capialzado desquijado de arco contra dintel* el resultado será el *Arrière - voussure de Montpellier*.⁸⁴

Para ello comenzaremos trazando el capialzado al que queremos dar intradós esférico normalmente; si es el *Capialzado desquijado cuadrado* obtendremos las *plantas por lecho* abatiéndolas sobre la línea de impostas como se expuso en su momento a base de construir el triángulo rectángulo formado por la proyección en planta de la junta de intradós y la diferencia de cotas entre sus extremos, fijando los terceros vértices con ayuda de diagonales; también construiremos las *plantas por cara* como se hizo en su momento, abatiendo con eje en la línea que separa el *batiente* del intradós propiamente dicho. Hecho todo esto, labraremos la dovela, con lo que obtendremos la superficie de intradós típica de los capialzados, con forma aproximadamente conoidal.

Pero Aranda nos dice que con esto están *labradas las piezas de cuadrado*, esto es, que lo que tenemos es un sólido capaz del que hemos de *robar* material para obtener la dovela definitiva. Para ello hemos de construir una *cercha*, es decir un arco de círculo que nos dé la curvatura de la junta de intradós. La construcción no ofrece dificultades: se divide esta junta en seis partes y por su centro se levanta una perpendicular sobre la que se marca un sexto de la longitud de la junta; uniendo el punto así obtenido con los dos extremos de la junta de intradós con un arco de círculo tenemos la *cercha* que buscamos. No parece que dividir en seis partes sea regla inmutable, pues Aranda nos dice que *repartirás el largo de la cara de la planta por lecho ... en seis partes en más u menos*, pero es bastante práctico, pues al ser número par nos facilita la construcción del centro de F, y da lugar a una curvatura apreciable pero no exagerada para no debilitar la dovela.

⁸⁴ P. François DERAND, *L'Architecture des voutes*, París, Sébastien Cramoisy, 1643, f. 139-142; Jean-Baptiste de LA RUE, *Traité de la coupe des pierres où par méthode facile et abrégée l'on peut aisément se perfectionner en cette science*, París, Imprimerie Royale, 1728, pp. 31-40; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture à la française*, pp. 120-121. y p. 97 de este trabajo.

Figura 234. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 166.

Figura 235. Alonso de Guardia, Manuscrito de arquitectura y cantería.

Figura 236. Amedée-Louis Frézier, Traité de stéréotomie, t. II, lám.69.

Capialzado desquijado en cercha por la cara

Ahora bien, surge un problema interesante: en el *Capialzado desquijado cuadrado*⁸⁵ veíamos que la cara de lecho no era plana, pues el extremo inferior de la testa adintelada, los dos extremos de la superficie de intradós 1 y 2 y el extremo superior de la testa en arco no podían estar en el mismo plano. Al examinar esta versión con el intradós pseudoesférico, podemos preguntarnos si el arco 1 4 2 está situado en el plano determinado por el extremo inferior de la testa adintelada y 1 2 o bien en el que pasa por 1 2 y el extremo superior de la testa en arco. En la práctica, lo más probable es que se labrara la cara sin preocuparse por la falta de planeidad, que en general no sería apreciable, y después se aplicara la *cercha* F a la cara de lecho sin preocuparse tampoco por la no planeidad.

También es interesante el comentario final de Aranda:

se ha de advertir que la primera cercha G no se ha de plantar sobre el lecho bajo de la primera pieza sino se ha de robar y entrar perpendicularmente que haga plomo con el lado desquijado del dicho capialzado

Dicho de otra forma, los límites de la superficie pseudoelipsoidal del intradós vienen dados por los planos verticales que pasan por las jambas. La misma solución a otra escala aparece en la «Bóveda oval» del manuscrito llamado de Alonso de Guardia; precisamente en este manuscrito aparece también este problema [235].⁸⁶

Capialzado oval

Para trazar este dicho capialzado oval le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos A y asimismo formarás el arco B que sirve de testa para el lado de la planta C y la circunferencia D sirve de batiente del dicho capialzado y las plantas por lechos y por caras de este dicho capialzado las sacarás primero conforme se hizo en el capialzado cuadrado desquijado a 146 planas de este libro y después les formarás a las caras de las plantas por lechos las cerchas d con que han de ser robadas las caras de las piezas con el cintrel que causare la circunferencia del lado del oval desde el punto 1 al punto 2 de manera que mientras

⁸⁵ V. p. 62.

⁸⁶ Alonso de GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería* (Manuscrito c. 1600. Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori ...*, Libro II, Venecia, 1566, Biblioteca Nacional de Madrid, ER/4196, ff. 73 v. y 88 v.).

más larga la junta más circunferencia le cabe como parece en las dichas plantas por lechos

Aquí se da un nuevo paso en la dirección iniciada en la *traza* anterior: si el intradós del capialzado va a ser una superficie aproximadamente elipsoidal, es lógico que las jambas y la línea de separación de la superficie de intradós y el *batiente* vengan dadas por un óvalo o una elipse [237].

Así pues, la traza comienza construyendo un óvalo en planta que nos ha de dar las jambas y la separación con el *batiente*. Esto plantea dos problemas. Por una parte, lo que no puede dar el óvalo son las jambas del *batiente*; Aranda resuelve esto trazando un trapecio como si fuera a construir un *Capialzado desquijado cuadrado*⁸⁷ y haciendo pasar el óvalo por los dos vértices del trapecio correspondientes a la testa en arco **B**. El más corto de los lados paralelos del trapecio, **A A**, dará un lado largo del batiente; los segmentos formados en los lados oblicuos entre **A A** y la elipse serán los dos lados cortos del *batiente*; y el tramo de óvalo entre los dos puntos de intersección con el trapecio será el cuarto lado del *batiente*. Dicho de otro modo, la planta se obtiene por la macla de un trapecio y un óvalo; la región del plano que está entre el óvalo y la testa **B** será la proyección en planta de la superficie de intradós, mientras que la incluida en el trapecio pero no en el óvalo representará el *batiente*.

El segundo problema es determinar cómo se construía el óvalo. Parece claro que en el manuscrito se trazaba la figura mediante cuatro arcos de circunferencia, pues son detectables las intersecciones entre los arcos, que no están en los encuentros de jamba y dintel como cabría esperar, sino en la primera junta de intradós de cada lado; se trata así de un óvalo ciertamente singular, pues es asimétrico respecto del eje mayor.

Más difícil es saber como se trazaba al obtener las *monteas* a tamaño natural. Las soluciones conocidas en el siglo XVII pueden agruparse en tres grandes categorías: óvalos a base de cuatro arcos de círculo, como en las célebres construcciones de Serlio, bien conocidas por Hernán Ruiz;⁸⁸

⁸⁷ V. p. 62.

⁸⁸ Para lo relativo a la construcción de óvalos y elipses, v. p. 156 y ss del Tomo I; José María GENTIL BALDRICH, «La traza oval y la Sala Capitular de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica», en *Quatro edificios sevillanos*, pp. 73-147 y Corrado MALTESE, «Elissi ed ellissografi. 'Querelles' semi-scientifiche e applicazioni pratiche negli anni di Desargues», en *Desargues en son temps*, pp. 101-110. Otros puntos de vista y terminologías en Alfonso RODRIGUEZ GUTIÉRREZ DE CEBALLOS, «Entre el manierismo y el Barroco. Iglesias españolas de planta ovalada», *Goya*, 1983, pp. 98-107, y «La planta elíptica: de El Escorial al Clasicismo español», *Anuario del Departamento de Teoría e Historia del Arte de la Universidad*

Figura 237. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 167.

Capitalizado oval

aproximaciones a la elipse basadas en obtener más de cuatro puntos de su perímetro como la expuesta por Aranda en la *definition* segunda de la primera parte de su manuscrito, también presente en Serlio, Hernán Ruiz y Vandelvira; y elipses reales obtenidas bien por el método del jardinero con una cuerda fijada a los polos o bien por el «instrumento de la cruz» o compás de elipses cuya construcción y uso explican Fray Laurencio de San Nicolás, Juan de Torija y Simón García en épocas posteriores.⁸⁹

En principio cabe inclinarse por la primera posibilidad, por varias razones. La elipse de jardinero es una posibilidad atractiva, pero Serlio la desprecia por considerarla propia de albañiles; en cuanto al compás de elipses, lo describe Guidubaldo del Monte a finales del siglo XVI, pero no conocemos menciones a su uso en España hasta los tiempos de Fray Laurencio, Torija y García.⁹⁰ Alonso de Vandelvira utiliza el método del «Arco painel» para trazar plantas ovales: «Esta regla se tenga para trazar una capilla oval conforme te pidiese el sitio, porque otro arco de esa otra parte de éste será figura oval».⁹¹ Pero hay un argumento claro en favor del óvalo de cuatro centros: Aranda se refiere a tramos de óvalo como circunferencias cuando dice que *la circunferencia D sirve de batiente del dicho capialzado* o habla de *el cintrel que causare la circunferencia del lado del oval desde el punto 1 al punto 2*. Puede pensarse que se está confundiendo una circunferencia con una elipse, pero a nuestro modo de ver Aranda distingue claramente entre el *oval* u óvalo completo y las *circunferencias* que forman sus distintos tramos como el D o el 1 2.

En cualquier caso, una vez trazada la planta se sigue el procedimiento del *Capialzado desquijado cuadrado*:⁹² se traza el alzado del arco obtenido como abatimiento, se divide su arista inferior en cinco partes y se trazan las

Autónoma de Madrid, 1990, pp. 151- 172; Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, pp. 174-178, Murcia, Consejería de Cultura, 1987; Julia M. SMYTH-PINNEY, «The Geometries of S. Andrea al Quirinale», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1989, pp. 53-65; y Margarita FERNÁNDEZ, «La planta oval. Traza y símbolo», *Loggia*, 1996, pp. 16-21. Ofrece el interés de recoger la experiencia francesa Liliane CHÂTELET-LANGE, «La 'forma ovale si come costumarono li antichi romani': Salles et cours ovales en France au seizième siècle», *Architectura*, 1976, pp. 128-147, aunque no aborde el problema de la construcción de la figura.

⁸⁹ Fray Laurencio de SAN NICOLAS, *Arte y uso de Arquitectura*, s. l. (Madrid), Imprenta de Juan Sanchez, 1639, f. 67, y *Segunda parte del Arte y uso de Arquitectura*, s. e., s. l., 1665, p. 203; Juan de TORIJA, *Breve tratado de todo tipo de bóvedas así regulares como irregulares ...*, Madrid, Pablo de Val, 1661, f. 32; Simón GARCÍA, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos, conforme a la medida del cuerpo humano*, 1681, f. 133 v.

⁹⁰ V. p. 156 y ss. del Tomo I.

⁹¹ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, c. 1580, f. 18 v.

⁹² V. p. 62.

juntas de testa como radios del arco. Para construir las *plantas por lecho*, se abate el plano vertical que pasa por la arista inferior de una cara de lecho tomando como charnela la proyección horizontal de la arista trazando así dicha arista inferior. A renglón seguido se obtiene la verdadera magnitud la diagonal de la cara de lecho construyendo en el alzado un triángulo rectángulo que tiene como base la proyección de la diagonal en planta y como altura la diferencia de cotas entre sus extremos. Conocida así la verdadera magnitud de la diagonal sólo falta trazar un arco con este radio y otro con el grosor de la rosca del arco para situar el tercer vértice de la planta por lecho, que representa el extremo superior de la *tirantez*.

En cuanto a los otros dos vértices, necesarios para cerrar el trasdós y el *batiente*, no figuran en el dibujo, lo que puede interpretarse como la enésima muestra del desinterés de Aranda por los trasdoses, pero también como una postura prudente evitando esta vez adentrarse en las complicaciones que acarrea la falta de planeidad de la cara. Es importante recordar que lo que hemos obtenido hasta aquí no es la *planta por lecho* de la dovela definitiva, sino de un sólido capaz intermedio que vamos a labrar *por plantas* para más tarde darle forma al intradós por medio de *robos*.

Quizá por eso Aranda deja en suspenso la exposición de la *planta por lecho* y comienza con la *planta por cara*; para obtener una de ellas abate con charnela en una línea paralela a *AA* que pasa por uno de sus vértices. Si en otras ocasiones esta construcción era problemática porque los cuatro vértices de la cara de intradós no estaban en el mismo plano, aquí todavía lo es más porque los dos vértices que están sobre *D* no están a la misma distancia de *AA* y por tanto sólo uno de ellos se mantendrá fijo en el abatimiento. Pero Aranda no repara en esto y deja en su sitio los dos vértices contenidos en *D*; a continuación toma la longitud de la arista de una cara de lecho y la lleva sobre la vertical que pasa por el vértice correspondiente, que se habrá movido en el abatimiento perpendicularmente a *AA*. El cuarto vértice lo sitúa tomando la longitud de la arista inferior de la cara de lecho del otro lado de la dovela y la distancia entre los extremos inferiores de las dos *tirantez*es de la dovela y trazando sendos arcos con esos radios.

Una vez obtenidas las *plantas por caras* y *por lechos* se pueden labrar *de cuadrado* los sólidos capaces de las dovelas como se hacía en la *traza* anterior, pero después debe *robar* por el intradós para materializar la superficie pseudoelipsoidal. Para ello se auxilia con una plantilla obtenida de la *planta por lecho* representando en ella la curvatura del intradós. En la práctica parece lógico emplear en una primera fase las *plantas por lecho* de

Capialzado oval

Figura 238. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 169.

lados rectos para utilizarlas conjuntamente con las *plantas por cara* en la labra del sólido capaz; y una vez obtenidos éstos, recortarlas para darle la forma de la curva y volverlas a utilizar para *robar* y materializar la superficie de intradós.

Tal vez sea esto lo que dé lugar a que se explique la construcción de la *cercha* por separado; en cualquier caso, ésta nos da un nuevo indicio, a favor del óvalo de cuatro centros, pues la *cercha*, es decir, el arco de círculo que se ha de trazar pasando por los extremos de la arista inferior de las *plantas por lecho* para darle forma al intradós, se construye *con el cintrel que causare la circunferencia del lado del oval desde el punto 1 al punto 2* es decir, con el radio del arco de círculo 1 2 que es uno de los cuatro arcos que forman el *oval*.⁹³ Así, tanto 1 2 como las *cerchas* serían, por así decirlo, paralelos del pseudoelipsoide. Si por el contrario se postula que el *oval* se obtiene como una elipse de jardinero, con el «instrumento de la cruz» u obteniendo multitud de «puntos espesos» no hay razón para trazar indiscriminadamente todas las *cerchas* como 1 2.

Puerta cuadrada a regla contra capialzado cuadrado desquijado de arco

Para trazar esta dicha puerta cuadrada a regla contra capialzado desquijado cuadrado le formarás la planta como parece entre los ángulos A y asimismo formarás el dintel que está entre las dos líneas B C que sirve de testa para el lado de la planta D y el arco E sirve de testa para el capialzado por el lado de la planta F y la distancia que hay entre las líneas B G es el batidero de las puertas y la distancia que hay entre las líneas en blanco H I es el batiente de la planta y para sacar las plantas por lechos de las piezas de esta dicha puerta las sacarás desviando de los plomos que bajaren de lo bajo del dintel el alto del batidero de las puertas y del capialzado con su arco tomado todo por sus juntas como se hizo en la puerta cuadrada a regla a 123 planas de este libro como parece en la planta por lecho L que esta entre los ángulos 1 2 3 4 5 6 7 que se sacó para la junta M y las plantas por caras se han de sacar echando el largo de las caras de las plantas por lechos desde adonde tocaren los plomos que bajaron de la línea G en la línea

⁹³ Esto se refiere exclusivamente al trazado a tamaño natural, pues en el dibujo de los *Cerramientos* el primer arco de círculo no acaba en 2, sino que llega hasta la primera junta de intradós.

que sirve de batiente **H** y tengan por las testas lo que tuvieren de ancho los bolsos del arco **E** como parece en la planta por cara **N** que está entre los cuatro ángulos **a b c d** que se sacó para la pieza **O**

Aranda aborda aquí una nueva traza de la familia de la *Puerta cuadrada a regla* o más precisamente de la *Puerta de arco contra capialzado a regla* [238].⁹⁴ Si en esta última teníamos un arco en el lado estrecho y bajo del hueco y un dintel en el contrario, aquí la situación se invierte: tenemos un dintel en el lado estrecho y bajo y un arco en el ancho y alto. Por lo demás, los procedimientos de trazado y labra vienen a ser los mismos, con pequeñas variantes.

Tendremos por lo tanto, de la testa estrecha a la ancha, un dintel entre **D** e **I**, un *batidero* o franja en un plano vertical donde tocan las puertas entre **B** y **G**, el *batiente* para recibir la carpintería entre **I** y **H**, la superficie de intradós entre **H** y **F**, el arco frontal **E** y un trasdós que esta vez no es plano, al contrario de lo que sucedía en otras *puertas*, porque enlaza un arco y un dintel. La solución para evitar esto y adaptar mejor la *puerta* al resto de la fábrica aparece en la *traza* siguiente, la *Puerta en viaje a regla contra capialzado desquijado viaje por testa* y consiste simplemente en trazar el trasdós del arco **E** como un dintel a la misma altura que el trasdós del dintel **D**.

El método de construcción de las *plantas* es el empleado en varias ocasiones, a partir de la *Puerta cuadrada a regla*.⁹⁵ Comienza trazando la planta de la puerta, con las dos fajas del *diente del dintel* **D I** y el *batiente* **I H**; después levanta el alzado en el que figuran el *batidero* **B G**, el arco **E**, y el trasdós del dintel **C**.

A continuación se abate con charnela en la intersección de la *planta por lecho* que queremos obtener, **M**, con el plano de impostas **B**. Esto se hace tomando distancias entre las intersecciones de la *tirantez* con **G**, con las dos caras de **E** y con **C**. Si llevamos estas distancias perpendicularmente a la charnela sobre las líneas **I** y **H** y la testa **F** podemos obtener fácilmente los puntos abatidos 3, 4, 5, 6 y 7; si les añadimos los 1 y 2 que no se mueven en el abatimiento podemos trazar la *planta por lecho* 1 2 3 4 5 6 7. La única novedad del caso es el trasdós, que no es horizontal y por tanto, su imagen en la *planta* no será perpendicular a las testas. En lugar de trazarlo recto sin

⁹⁴ V. p. 30.

⁹⁵ V. p. 27.

Figura 239. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 170.

más, se dibuja con un escalón, lo que parece reflejar una preocupación por evitar un plano de deslizamiento en la fábrica; pero como siempre sucede en los trasdoses, se trata el detalle con desgana.

Las *plantas por cara* se trazan por el procedimiento del *Capialzado desquijado cuadrado*. Se abate la superficie de intradós alrededor de la línea H que lo separa del *batiente*. Los puntos **a** y **b**, situados sobre esta línea, no se desplazarán; el **d** se moverá sobre una perpendicular a H y lo podemos fijar tomando su longitud de la *planta por lecho* correspondiente o de la simétrica M, pues será igual a 4 5. Aranda conoce perfectamente que **c d** no es paralela a F, porque no es imagen de una línea horizontal, al contrario de lo que sucedía en la *Puerta de arco contra capialzado a regla*;⁹⁶ por eso para obtener **c** traza dos arcos, uno con centro en **d** y radio igual a la distancia entre los extremos inferiores de las *tiranteces* y otro con centro en **b** y longitud igual a la arista inclinada de la otra *planta por lecho*; donde intersecten ambos arcos estará **c**. La construcción no es exacta porque los cuatro vértices de la cara de intradós de la dovela no son coplanares, pero permite a Aranda disponer de los cuatro lados de la *planta* y de la diagonal **b c** obtenidos con precisión.

Puerta en viaje a regla contra capialzado desquijado viaje por testa

Para trazar esta dicha puerta en viaje a regla contra capialzado desquijado viaje por testa le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos A y asimismo formarás el dintel que está entre las dos líneas B y C que sirve de testa para el lado de la planta D y el arco E sirve de testa del capialzado por el lado de la planta F y la distancia que hubiere entre las líneas B G sirve de batidero de las puertas y la distancia que hubiere entre las líneas H I sirve de batiente de la planta y para sacar las plantas por lechos de las piezas de esta dicha puerta las sacarás como se sacaron en la puerta cuadrada a regla a 123 planas de este libro como parece en la planta por lecho L que está entre los ángulos señalados con los números 1 2 3 4 5 6 7 que se sacó para la junta M y las plantas por caras las sacarás conforme se hizo en la puerta cuadrada a regla contra capialzado desquijado de arco cuadrado a 168 planas de este libro

⁹⁶ V. p. 30.

Aranda nos presenta aquí una variante de la *Puerta cuadrada a regla contra capialzado cuadrado desquijado de arco*⁹⁷ caracterizada por el esviaje y por el detalle que comentábamos en la *traza* anterior: para evitar un trasdós difícil de resolver, la arista superior del arco de testa es recta [239]. El proceso de traza y labra es similar a otras *puertas* esviadas, como la *Puerta viaje por testa a regla*.⁹⁸

Encontramos un ejemplar en la puerta de acceso al recinto exterior del Colegio de Santo Domingo de Orihuela; es significativo comprobar que tanto el arco como el capialzado son *en viaje*, como en el manuscrito; en cambio en la puerta de acceso a la botica y al jardín de los frailes del monasterio del Escorial el modelo aparece con menos claridad, pues el capialzado es *en viaje* pero el arco es recto, lo que en cierto modo debilita la relación entre uno y otro. Tanto el de Orihuela como el de El Escorial son variantes simplificadas de la *traza* de Aranda, pues no existe *batidero*, como en el caso de La Espina que analizamos en el próximo «corte».

La construcción comienza trazando la planta del hueco con ayuda de dos planos paralelos a los paramentos que representan el *diente del dintel* D H y el *batiente* H I, análogos a los del «corte» anterior; después levanta el alzado con el *batidero* B G, el arco E, esta vez sólo con la arista inferior E al contrario de lo que ocurría en la traza pasada, y la arista superior del dintel C que ahora lo es también del arco.

Para construir las *plantas por lecho* se abate con eje una recta de punta, pero esta vez la recta de punta no es perpendicular a los planos de testa, sino al plano imaginario en el que se dibuja el alzado y por tanto, oblicua a las testas; como consecuencia, los puntos contenidos en los planos de testa se moverán en el abatimiento en un plano perpendicular a la recta de punta y por lo tanto saldrán del plano de testa; también pasará lo mismo con los puntos contenidos en los planos intermedios entre los dos planos de testa.

Los puntos 1 y 2 que definen el *diente del dintel*, al estar sobre la recta de punta que hace de charnela, no se moverán. La recta de punta que corresponde al *batiente*, se transformará en una recta 3 4 paralela al eje del abatimiento y separada de él por una distancia igual a la que separa las intersecciones de B y G con la *tirantez* M; como el plano del *batidero* H situado entre el *diente del dintel* y el *batiente* no es perpendicular a la charnela, el punto 3 situado en la intersección del *batiente* y este plano se

⁹⁷ V. p. 105.

⁹⁸ V. p. 30.

Puerta en viaje a regla contra capitalizado desquijado viaje por testa

Figura 240. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 172.

desplazará fuera del plano del *batidero* en el abatimiento; podemos construirlo bajando una vertical desde su imagen en el alzado, que está en la intersección de G y M, hallando la intersección de esta vertical con H y trazando desde ese punto una perpendicular a la charnela; donde la perpendicular interseque a la recta 3 4 estará el punto 3. Como el punto situado en la intersección del plano del *batidero* con el *diente del dintel* no se ha movido, el segmento que representa en la *planta por lecho* este plano intermedio del *batidero* estará fuera de la traza de su plano y será oblicuo a la charnela; esta vez el dibujo sí refleja con claridad este punto, al contrario de lo que ocurría en la *Puerta viaje por testa a regla*.⁹⁹

Del mismo modo construiremos el punto 5, bajando una vertical desde la intersección de M con E, trazando una perpendicular a la charnela donde esta vertical interseque con F y midiendo desde la charnela una distancia igual a la existente entre las intersecciones con M de B y E; y de la misma manera obtendremos el punto 6, tras de lo cual podemos obtener el 7 basándonos en que al ser el trasdós horizontal, su sección por el plano de canto de la *planta por lecho* será una recta de punta y por tanto su imagen abatida será una paralela a la charnela; obteniendo la intersección con la perpendicular a la charnela que pasa por la proyección en planta de 7 tenemos el punto 7 abatido y con él podemos cerrar la *planta por lecho* 1 2 3 4 5 6 7.

El texto remite a la *traza* anterior, la *Puerta cuadrada a regla contra capialzado cuadrado desquijado de arco*,¹⁰⁰ para obtener las *plantas por cara*, pero el dibujo contradice esta afirmación. Si se trata de abatir con charnela en la recta I, los puntos que no estén en la charnela se moverán sobre planos perpendiculares a I, y deberían trazarse rectas perpendiculares a I por las proyecciones de los vértices de la *planta*; en lugar de eso, en el dibujo parece que los dos vértices que no están en I se mueven sobre las verticales que bajan del alzado, como sucedía en la *Puerta viaje por testa a regla*. Dicho de otro modo, cada una de las juntas de intradós se abate por separado, con ejes y ángulos de giro diferentes; como consecuencia, la *planta* sólo conserva la longitud de las juntas de intradós, pero no de la testa ni de las diagonales.

⁹⁹ V. p. 30.

¹⁰⁰ V. p. 105.

Puerta cuadrada de arco contra capialzado cuadrado desquijado de arco

Para trazar esta dicha puerta cuadrada de arco contra capialzado cuadrado desquijado de arco le formarás la planta como parece entre los ángulos **A** y asimismo formarás el arco **B** que sirve de testa de la puerta por el lado de la planta **C** y el arco **D** sirve de testa del capialzado por el lado de la planta **E** y la distancia que hubiere entre la circunferencia del arco **B** y la línea **F** es el batidero de las puertas y la distancia que hubiere entre las dos líneas en blanco **G H** es el batiente de la planta y para sacar las plantas por lechos de las piezas de esta puerta las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **I** tomarás en su junta la distancia que hubiere desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño desviarás de su plomo desde el punto **c** al punto **d** y desde el punto **e** al punto **f** después tomarás en su junta la distancia que hubiere desde el punto **a** al punto **g** y este tamaño desviarás de su plomo desde el punto **h** al punto **i** y a este dicho punto **i** tirarás la cara de la dicha planta por lecho **I** desde el punto **f** y después tomarás la distancia que hubiere desde el punto **g** al punto **l** y este tamaño echarás desde el punto **i** al punto **m** y después tomarás el largo de toda la junta desde el punto **a** al punto **l** y este tamaño echarás desde el punto **n** al punto **o** y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por lecho como parece entre los puntos **c d f i m n o** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo y las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **L** tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **N** desde el punto **p** al punto **q** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **1** y con la otra tocarás en el plomo que bajo del arco **D** en el punto **2** después tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **I** desde el punto **f** al punto **i** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **3** y con la otra circundarás el pedazo de círculo en blanco **4** y tomarás el ancho de su bolsor desde el punto **5** al punto **6** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **2** y con la otra tocarás en el pedazo de círculo **4** en el punto **7** y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará sacada la dicha planta por cara como parece entre los puntos

Figura 241. Philibert de l'Orme, Le premier tome de l'Architecture, f. 64.

Figura 242. Puerta de acceso al recinto exterior del monasterio de La Espina.

1 2 3 7 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo

En la *Puerta cuadrada a regla* habíamos visto la solución a un hueco complejo con sendos dinteles en las testas, uno alto y otro bajo; la *Puerta de arco contra capialzado a regla*¹⁰¹ resolvía el mismo problema cambiando el dintel bajo por un arco; en la *Puerta cuadrada a regla contra capialzado cuadrado desquijado de arco*¹⁰² era el dintel el que ocupaba la testa baja, con el arco en la alta; finalmente en esta traza abordamos el mismo problema con arcos en las dos testas, alta y baja [240]. Los procedimientos de trazado y labra son similares a los de las otras tres trazas.

Pasando de la testa estrecha y baja a la ancha y alta, encontramos un arco **B**, un *diente* entre **C** y **G**, el *batidero* o superficie vertical donde tocan las puertas entre **B** y **F**, el *batiente* para recibir la carpintería entre **G** y **H**, la superficie de intradós entre **H** y **E**, el arco alto **D** y un trasdós plano que enlaza con el arco de la otra testa, simplificando así en cierta medida el encuentro con la fábrica que apoya sobre la *puerta*. La *traza* guarda un cierto parecido con la única *puerta* que Philibert de L'Orme presenta en su tratado [241],¹⁰³ sin dar explicaciones ni construir las *plantas*, pero en el *Premier Tome* el dintel se sitúa en el paramento correspondiente a la testa alta, mientras que aquí ocupa una posición intermedia. Así, la puerta del maestro lionés está a medio camino entre la que estamos estudiando y la *Puerta de arco contra capialzado a regla*.¹⁰⁴

El método de construcción de las *plantas* es el mismo de otras ocasiones; se da comienzo trazando la planta de la puerta, con las dos fajas del *diente* **C G** y el *batiente* **G H**; después se levanta el alzado en el que figuran el *batidero* **B F** y el arco **E**. A continuación se abate con eje en la intersección de la *planta por lecho* y el arco **B**; para ello se toman distancias entre las intersecciones de la *tirantez* con **F** y con las dos caras de **D**. Si llevamos estas distancias perpendicularmente a la charnela sobre las líneas **G** y **H** y la testa **E** podemos obtener con facilidad los puntos abatidos **d**, **f**, **i**, **m** y **o**; añadiéndoles **n** y **c** que no se mueven en el abatimiento por pertenecer a la charnela podemos trazar sin problemas la *planta por lecho* **n c d f i m o**.

¹⁰¹ V. pp. 32 y 30.

¹⁰² V. p. 105.

¹⁰³ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 64 r.

¹⁰⁴ V. p. 30.

Las *plantas por cara* se trazan como siempre abatiendo la superficie de intradós alrededor de la línea **H** que la separa del *batiente*. Los puntos **1** y **3**, situados sobre **H**, no se moverán; **2** se desplazará sobre una perpendicular a **H** y lo podemos situar tomando su longitud de la *planta por lecho* correspondiente o de la simétrica. Para obtener **4** podemos trazar dos arcos, uno con centro en **2** y radio igual a la distancia entre los extremos inferiores de las dos *tiranteces* de la dovela y otro con centro en **3** y longitud igual a la arista de intradós **f i** de la *planta por lecho I*; donde intersecten ambos arcos estará **4**. Como en otras ocasiones, la construcción no refleja en verdadera magnitud la cara de intradós porque los cuatro vértices no están en el mismo plano, pero por lo menos son exactas las longitudes de los cuatro lados y de la diagonal **2 3**.

Como señalábamos más arriba, la puerta de acceso al recinto exterior del monasterio de La Espina se asemeja a esta *traza*; se trata de una variante simplificada, puesto que no existe *batidero*, pero sí está presente la idea central de este «corte», la combinación de arco de medio punto y *capialzado desquijado cuadrado* [241].

Puerta de arco en viaje contra capialzado viaje por testa desquijado de arco

Para trazar esta dicha puerta de arco en viaje contra capialzado viaje por testa desquijado de arco le formarás la planta como parece entre los ángulos **A** y asimismo formarás el arco **B** que sirve de testa para el lado en viaje de la planta **C** y el arco en segmento de círculo **D** sirve de testa del capialzado por el lado de la planta en viaje **E** y la distancia que hubiere entre la circunferencia del arco **B** y la línea **F** será el batidero de las puertas y la distancia que hubiere entre las dos líneas en blanco **G H** será el batiente de la planta y para sacar las plantas por lechos de las piezas de esta dicha puerta se han de sacar desviando de los plomos que bajaron desde el arco **B** el alto que tuviere el batidero de las puertas y el capialzo y testas del dicho capialzado y puerta tomados en sus juntas y echados de cuadrado cada cosa de por sí como se hizo en la puerta cuadrada de arco contra capialzado cuadrado desquijado de arco a 171 planas de este libro como parece en la planta por lecho **I** que esta entre los ángulos **1 2 3 4 5 6 7** que se sacó para la junta **L** y las plantas por caras se han de sacar echando el largo de las caras de las plantas por lechos desde adonde tocaron los plomos que bajaron de la línea **F** a

Puerta cuadrada de arco contra capitalizado cuadrado desquijado de arco

Figura 243. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 175.

tocar a la línea **H** y vayan a parar a los plomos que bajaron del arco **D** que tengan por las testas lo que tuvieran de ancho sus bolsos en el dicho arco **D** como se hizo en la dicha puerta cuadrada de arco contra capialzado cuadrado desquijado de arco como parece en la planta por cara **M** que está entre los ángulos a **b c d** que se sacó para la pieza **N**

Como la mayoría de las *puertas* vistas hasta ahora, la *Puerta cuadrada de arco contra capialzado cuadrado desquijado de arco* también aparece en una versión esviada [243]. La traza y la labra siguen los procedimientos que se han venido utilizando en estas *puertas* desde la *Puerta viaje por testa a regla*.¹⁰⁵

La construcción da comienzo trazando la planta del hueco con ayuda de dos planos paralelos a los paramentos que representan el *diente* **C G** y el *batiente* **G H**, análogos a los de la traza anterior; después levanta el alzado con el *batidero* **B F**, el *batiente* **F**, la superficie de intradós **F D** y el arco **D**.

Para construir las *plantas por lecho* se abate como siempre en una recta de punta, pero debido al esviaje del arco esta recta no es perpendicular a los planos de testa, sino al plano imaginario en el que se dibuja el alzado y por tanto, oblicua a las testas; así, los puntos contenidos en los planos de testa se moverán en el abatimiento en un plano perpendicular a la recta de punta y por lo tanto abandonarán el plano del paramento; también pasará lo mismo con los puntos contenidos en los planos **G** y **H**.

Los puntos 1 y 2 que definen el *diente*, al estar sobre la recta de punta que hace de charnela, no se moverán. La recta de punta que corresponde al *batiente* se transformará en una recta 3 4 paralela al eje del abatimiento y separada de él por una distancia igual a la que separa las intersecciones de **B** y **F** con la *tirantez* **L**; como el plano del *batidero* **G** situado entre el *diente* y el *batiente* no es perpendicular a la charnela, el punto 3 situado en la intersección del *batiente* y este plano irá fuera del plano del *batidero* en el abatimiento; podemos construirlo bajando una vertical desde su imagen en el alzado, que está en la intersección de **L** y **F**, hallando la intersección de esta vertical con **G** y trazando desde ese punto una perpendicular a la charnela; donde la perpendicular intersecte a la recta 3 4 estará el punto 3. Como el punto situado en la intersección del plano con el *diente del dintel* no se ha movido, el segmento que representa en la *planta por lecho* este

¹⁰⁵ V. p. 30.

plano intermedio del *batidero* saldrá de la traza de su plano y no será perpendicular al eje del abatimiento.

Del mismo modo construiremos los puntos 5 y 6, realizando estas mismas construcciones *cada cosa de por sí*, es decir, independientemente para cada punto; el 7 se puede obtener de un modo más sencillo basándonos en la horizontalidad del trasdós, ya que la sección de éste por el plano de canto de la *planta por lecho* será una recta de punta y por tanto su abatimiento será una paralela a la charnela; obteniendo la intersección con la perpendicular a la charnela que pasa por la proyección en planta de 7 tenemos el punto 7 abatido y con él podemos cerrar la *planta por lecho*
1 2 3 4 5 6 7.

Las *plantas por cara* se construyen de la misma forma que en otras trazas esviadas; en lugar de abatir con charnela en H como puede parecer a primera vista, lo que se está haciendo en realidad es efectuar dos abatimientos autónomos: se *echa el largo de las plantas por lechos*, es decir, se trazan arcos con radio igual a la longitud de las juntas de la parte reglada del intradós *desde adonde tocaron los plomos que bajaron de la linia F a tocar a la linia H* o lo que es lo mismo, con centro en las proyecciones horizontales de los extremos inferiores de estas juntas de intradós y *vayan a parar a los plomos que bajaron del arco D*, o dicho de otro modo, se determinan las **dos** intersecciones de estos arcos con las trazas de los planos verticales que pasan por los extremos superiores de las **dos** juntas de intradós: el plural se repite tres veces en el texto de los *Cerramientos* y no deja lugar a dudas; se abaten las dos juntas de intradós por separado. Sólo después nos dice Aranda *que tengan por las testas lo que tuvieron de ancho sus bolsos en el dicho arco D*, cosa que será en general imposible por el alabeo de la superficie de intradós y que nos da a entender que aunque Aranda conoce esta circunstancia, no se puede decir lo mismo de las consecuencias.

Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda

Para trazar este dicho capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos A y asimismo formarás el arco B que sirve de testa para el lado redondo de la planta C y formarás el arco extendido D el cual dicho arco extenderás con el alto que tuvieron los plomos en el arco B y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en la circunferencia C como se hizo en la cuarta difinition de la primera parte figura V y para sacar las plantas

Puerta de arco en viaje contra capialzado viaje por testa desquijado de arco

Puerta de arco en viaje contra capialzado viaje por testa desquijado de arco

por lechos de las piezas de este dicho capialzado las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho E que se sacó para la junta F sacarás una línea en blanco desde el punto 1 al punto 2 que tenga de largo lo que capialzare su junta desde el punto 3 al punto 4 y haga ángulo recto con la línea 5 y al dicho punto 2 tirarás la cara de la dicha planta por lecho E desde el punto 6 después pondrás la una punta del compás en el dicho punto 6 y con la otra tocarás en el punto 7 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 8 y con la otra tocarás en el punto 9 y teniendo fija la una punta del compás en el dicho punto 9 abrirás el dicho compás que vaya con la otra punta a tocar el punto 10 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el dicho punto 6 y con la otra circundarás el pedazo de círculo en blanco 11 después pondrás la una punta del compás en el punto 6 y con la otra tocarás en el punto 12 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 13 y con la otra tocarás en el punto 14 y teniendo fija la una punta del compás en el punto 14 abrirás el dicho compás que vaya a tocar al punto 15 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el dicho punto 6 y con la otra punta circundarás el pedazo de círculo en blanco 16 después tomarás la mitad de su junta en el arco extendido D desde el punto 17 al punto 18 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 2 y con la otra tocarás en el pedazo de círculo en blanco 11 en el punto 19 después tomarás la otra mitad de su junta desde el punto 18 al punto 20 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 19 y con la otra tocarás en el pedazo de círculo en blanco 16 en el punto 21 y con una circunferencia extendida cogerás los dichos tres puntos 2 19 21 y esta dicha circunferencia será la testa de la dicha planta por lecho y quedará formada la dicha planta por lecho como parece entre los ángulos 2 21 22 23 6 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo y las plantas por caras se han de sacar de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara G tomarás el largo de la planta por lecho E desde el punto 2 al punto 6 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto a y con la otra tocarás en el punto b después pondrás la una punta del compás en el punto c y con la otra tocarás en el punto d y

con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 14 y con la otra tocarás en el punto e y teniendo fija la una punta del compás en el dicho punto e abrirás el dicho compás que vaya a tocar con la otra punta al punto f y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto c y con la otra circundarás el pedazo de círculo en blanco g después tomarás el largo de la planta por lecho H desde el punto h al punto i y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto l y con la otra circundarás el pedazo de círculo en blanco m después tomarás en el arco extendido D la mitad de su bolsor desde el punto n al punto o y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto b y con la otra tocarás en el pedazo de círculo en blanco g en el punto p después tomarás la otra mitad del bolsor desde el punto o al punto q y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto p y con la otra tocarás en el pedazo de círculo en blanco m en el punto r y con una circunferencia extendida cogerás los dichos tres puntos b p r la cual dicha circunferencia servirá de testa redonda de la dicha planta por cara y de esta manera quedará formada la dicha planta por cara como parece entre los ángulos a b r l y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo

A las dificultades de los *capialzados* con una testa en arco, que vimos en el *Capialzado desquijado cuadrado*,¹⁰⁶ esta *traza* añade la que supone el abrir la testa en arco en un paramento convexo [244]. Nos encontramos por lo tanto, con una figura relacionada tanto con el *Capialzado desquijado cuadrado* como con el *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda*,¹⁰⁷ y los métodos de trazado que se van a emplear son una combinación de los empleados en estos dos «cortes». Sin embargo, hay una diferencia significativa, pues en ninguna de las dos versiones del *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda* se obtiene el desarrollo de la testa curva, mientras que aquí sí se va a construir; disponer de esa «cimbra» no sólo facilita la labra de las testas, sino que va a permitir mejorar la precisión con la que se obtienen las *plantas por lecho*.

El trazado comienza como siempre construyendo la planta con su batiente y levantando el arco que constituye la testa del lado ancho, aquí

¹⁰⁶ V. p. 62.

¹⁰⁷ V. p. 34.

representado como escarzano, aunque nada se opondría a que fuera de medio punto. En el paso siguiente nos separamos del procedimiento seguida en los capialzados anteriores, pues vamos a obtener el desarrollo o *cimbria* de la testa en arco. Para ello utilizaremos el método que se explicó en las *definition* cuarta de la primera parte,¹⁰⁸ del que no se había expuesto hasta ahora la aplicación práctica.

Para ello bajaremos las juntas entre dovelas del arco **B** al plano de impostas, y las llevaremos en planta paralelamente al eje del capialzado hasta intersectar con el paramento **C** del arco; sobre **C** iremos tomando las distancias entre estas intersecciones y sobre una línea de base auxiliar volveremos a levantar las verticales con las distancias que hayan determinado las intersecciones con el paramento. A estas líneas verticales llevaremos las cotas sobre el plano de impostas tomadas del arco **B**, para obtener el arco desarrollado **D**. En la práctica, bastará con bajar verticales y tomar cotas y distancias de un solo lado, pues el arco desarrollado es simétrico por serlo el arco base y el cilindro del paramento respecto del mismo eje.

A continuación, es necesario obtener el trasdós de **D**. El texto no da la menor indicación de cómo se hacía esto, pero observando con atención el dibujo se aprecia que las *tiranteces* son aproximadamente de igual longitud y normales a la superficie de intradós, como sucedía en la *Difinition tercera* de la primera parte, por lo que hay que suponer que no se construye detalladamente, sino que se trazan las juntas de testa aproximadamente normales al intradós y se marcan sobre ella distancias iguales.¹⁰⁹ La construcción está justificada sin duda por el deseo de igualar las longitudes de las *tiranteces*, una aspiración eterna de la cantería, pero es inexacta, puesto que las juntas de testa cercanas a la imposta se deforman más al ser

¹⁰⁸ V. p. 27 del Tomo II.

¹⁰⁹ Para comprobar esto se ha reproducido tanto la construcción exacta como la aproximada sobre copias de los dibujos del manuscrito del Servicio Histórico Militar, pero no sobre los de esta *traza*, sino en los correspondientes al *Capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre redonda* pl. 180, y el *Capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre cavada*, pl. 188, que presentan la misma problemática y que dada su asimetría permiten apreciar mejor la diferencia entre una construcción y otra. Los resultados en la primera de estas *trazas* no han sido concluyentes, pues el dibujo se aproxima más a la solución aproximada que a la exacta, pero ambas presentan errores inferiores a un milímetro; en cambio en el *Capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre cavada* presenta errores inapreciables respecto de la solución de juntas de testa iguales y normales al intradós, mientras que se separa en una ocasión en dos milímetros de la solución exacta. Por tanto, la comprobación parece confirmar nuestra posición de partida: se ha empleado en las *trazas* de esta familia la solución aproximada de juntas de testa iguales y normales al intradós. La comprobación también permite confirmar que las juntas de testa son ligeramente mayores en la *cimbria* que en el arco original.

proyectadas sobre C que las cercanas a la clave; por tanto, si las *tiranteces* son iguales en B, deben ser desiguales en D y viceversa. En cualquier caso, la simplificación se aborda con cierta sutileza, pues las juntas de testa de C son mayores que las de B.

Para obtener las *plantas por lecho*, se sigue como en otros capialzados un sistema de **abatimientos sucesivos**. En primer lugar, se abate el plano vertical que pasa por la arista inferior de una cara de lecho tomando como charnela la proyección horizontal de la arista y construyendo así la línea 6 2, que representa la arista inferior de la cara de lecho. Los puntos 23 6 del *batiente* están en la charnela del abatimiento, por lo que no se desplazan; podemos situar 2 fácilmente, ya que está a una distancia de 1 igual a 3 4, que tomamos del alzado.

Después se ha de obtener el punto 21 para construir la testa de la *planta por lecho*; pero como la testa es curva, será preciso hallar un punto intermedio para trazarla como un arco de círculo. Para ello, Aranda construirá en verdadera magnitud los segmentos 6 21 y 6 19 que unen el primer vértice de la cara de lecho con el tercero y con el punto medio de la testa, respectivamente.

Esto se hace bajando una vertical desde el punto medio de la *tirantex* 10 hasta que intersecte al paramento en 7, y llevando la distancia 6 7 a la línea de impostas a partir del punto 8 por el que pasa la vertical bajada desde 10, con lo que obtenemos el punto 9; como 8 9 representa la proyección en planta del segmento 6 10 y 8 10 la diferencia de cotas entre sus extremos, la hipotenusa 9 10 del triángulo rectángulo que forman una y otra será la verdadera magnitud de 6 10; trazando un arco 11 con centro en 6 y radio 9 10 tenemos el lugar geométrico de los puntos que distan de 6 la longitud de 6 10. Del mismo modo realizaremos una construcción similar para el extremo de la testa que nos dará el arco 16, lugar geométrico de los puntos que distan de 6 la longitud de 6 15.

Hasta aquí la construcción es similar a la utilizada en el *Capialzado desquijado cuadrado*, con el añadido del punto medio de la testa. Pero se introduce una curiosa variante al trazar un arco con centro en 2 y radio igual a la longitud de media testa. En el *Capialzado desquijado cuadrado*¹¹⁰ la longitud de la testa se tomaba del alzado, lo que era correcto porque los dos extremos de la testa estaban en el plano del alzado; en el *Capialzado desquijado viaje por testa* o en el *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda*

¹¹⁰ V. p. 60.

Figura 244. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 178.

Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda

*diferente del pasado*¹¹¹ también se tomaban del alzado, lo que allí era inexacto porque los dos vértices no estaban en el mismo plano. Aquí el problema se resuelve de forma más precisa, tomando la longitud de la semitesta del arco desarrollado **B**; la solución no es geoméricamente exacta ya que el la *cimbria* **C** se traza con las juntas de testa deliberadamente iguales, pero sí que se puede afirmar que se ha reducido el error que se producía al tomar la longitud de la testa directamente desde el alzado, ya que estas juntas de testa de **C** son ligeramente mayores que las de **C**.

En cualquier caso, el paso siguiente es trazar un arco de radio igual a **17 18** con centro en **2**; donde intersecte al arco **11** que habíamos trazado anteriormente, estará el punto medio de la testa **19**; trazando un arco con centro en **19** y radio igual a **18 20** obtendremos en su intersección con el arco **16** el extremo de la testa **21**; uniendo **2**, **19** y **21** con un arco de círculo tendremos la testa de la *planta por lecho*.

El vértice siguiente se obtiene de forma imprecisa, pues se supone sin fundamento que el abatimiento de la junta entre dovelas **29 22** ha de coincidir con la arista exterior del batiente. Esto se cumpliría si y sólo si la charnela del abatimiento, que es la proyección horizontal de la arista inferior de la cara de lecho, fuese perpendicular a la arista exterior del batiente; pero el abocinamiento del hueco impide que lo sea. Este detalle es otra muestra del desinterés de Martínez de Aranda hacia el trasdós del capialzado y la cara interior del muro; en cualquier caso, obtener este punto exactamente es imposible, porque no es coplanar con **6 2 16**.

Las *plantas por cara* se obtienen a partir de las *plantas por lecho*. Para trazar la correspondiente a la segunda dovela, emplea de nuevo abatimientos sucesivos; el primero tiene por charnela la línea que separa el *batiente* de la superficie inclinada del intradós. Los puntos **a** y **l**, que pertenecen a esta línea, no se moverán, mientras que el punto **b** se desplazará dentro de la perpendicular a la charnela que pasa por su proyección horizontal; podremos obtenerlo tomando la longitud **6 2** de la junta de intradós de la *planta por lecho* **E** y trazando un arco con centro en **a** y longitud **6 2**. Donde este arco intersecte a la perpendicular a la charnela que pasa por la proyección horizontal de **n** estará el punto **b** que buscamos.

A continuación Aranda se plantea obtener, no el extremo de la testa de la *planta por cara*, sino su punto medio, con objeto de determinar su curvatura. Esta construcción, común en los arcos, es una novedad en los

¹¹¹ V. pp. 39 y 70.

capialzados, pues no se abordaba en ninguna de las dos versiones del *Capialzado cuadrado a regla en torre redonda*¹¹² ni en ningún capialzado de esa familia. Su resolución es bastante laboriosa, porque no disponemos de una *planta por lecho* en la que apoyarnos para construir el punto medio de la testa.

Para ello hemos de comenzar bajando una vertical desde el punto medio *f* de la testa hasta intersectar con el paramento en *d*; a continuación llevaremos la distancia *c d* a la línea de impostas desde el punto 14 para obtener el punto *e*; la longitud *f e* será la verdadera magnitud de *c f* y trazaremos un arco *g* con centro en *c* y radio *e f*; donde este arco intersecte a otro con centro en *b* y radio igual a la mitad del ancho de la dovela *n o* estará el punto medio *p*. A continuación se obtiene el extremo *r* como en otras ocasiones, tomando la longitud *h i* de la *planta por lecho* correspondiente, si es que la hemos trazado, o de su junta de intradós obtenida expresamente si es que no tenemos la *planta*, y trazando un arco con centro en *l* y radio *l r*; donde intersecte a otro arco con centro en *p* y radio *o q* estará el extremo *r*.

Capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre redonda

Para trazar este dicho capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre redonda le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos *A* y asimismo formarás el arco *B* que sirve de testa del dicho capialzado por el lado en viaje de la planta *C* y formarás el arco extendido *D* el cual dicho arco extenderás con el alto que tuvieren los plomos en el arco *B* y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en la circunferencia *C* como se hizo en la cuarta difinition de la primera parte figura *V* y para sacar las plantas por lechos de las piezas de este dicho capialzado las sacarás extendiendo las juntas de las caras en la planta con las alturas de los plomos del arco como se hizo en el capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda a 176 planas de este libro como parece en la planta por lecho *E* que está entre los ángulos 1 2 3 4 5 que se sacó para la junta *F* y las plantas por caras se han de sacar con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsos del arco extendido *D* como se hizo en el dicho

¹¹² V. p. 34 y ss.

Capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre redonda

capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda como parece en la planta por cara **G** que está entre los ángulos a **b c d**

Si la traza anterior reunía las dificultades de los *capialzados* con una testa en arco a las del paramento convexo, éste añade las del esviaje, pues el eje del cilindro del paramento no está contenido en el plano de simetría de la testa adintelada [245]. Pero la trascendencia de esta última dificultad se reduce a la asimetría del capialzado, lo que implica la necesidad de obtener todas y cada una de las separaciones entre puntos de la testa y todas y cada una de las *plantas por lecho y por cara*. Por lo demás, el procedimiento es exactamente el mismo del *Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda*.¹¹³

Se da comienzo trazando como en tantas ocasiones la planta con su *batiente* y el paramento curvo cuyo centro no estará esta vez en el eje de simetría de las testas; a continuación se construye el arco de testa; y después se obtiene la *cimbria* o desarrollo de la testa del lado ancho, bajando verticales desde las juntas entre dovelas del arco **B** al plano de impostas hasta encontrar el paramento **C**. A continuación trazaremos una línea de base auxiliar que podemos disponer en cualquier lugar conveniente; Aranda la dibuja al otro lado del capialzado, por motivos de composición del dibujo, pero lo usual debía de ser colocarla al lado del arco **B** tal como se hace en la *definición* cuarta de la primera parte, lo que facilita las operaciones. En efecto, a continuación iremos tomando las distancias entre las intersecciones en **C** y llevándolas sobre la línea de base para volver a levantar las verticales, sobre las que levantaremos las cotas sobre el plano de impostas tomadas del arco **B**, para obtener el arco desarrollado **D**. A continuación obtendremos el trasdós de **D**, para lo cual el texto no da explicaciones; pero analizando el dibujo podemos suponer que se trazan segmentos aproximadamente normales al intradós y sobre ellos se toman longitudes iguales a las *tiranteces* del arco original **B**.¹¹⁴

Obtenida la *cimbria* de la testa, se pasa a construir las *plantas por lecho*, por abatimientos sucesivos como en otras ocasiones. Se comienza abatiendo

¹¹³ V. p. 114.

¹¹⁴ Para comprobar esta idea se ha repetido tanto una construcción como otra sobre los dibujos del manuscrito. Los resultados no permiten zanjar la cuestión, pues el dibujo se aproxima más a la solución aproximada que a la exacta, pero en una y otra ambas los errores están por debajo de un milímetro. De todas formas, hay que considerar que en el *Capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre cavada* hay errores inapreciables respecto de la solución de juntas de testa iguales y normales al intradós, mientras que se separa en dos milímetros de la solución exacta; así, se puede pensar que en esta *traza* y el resto de las de la familia se aplica la solución aproximada de juntas de testa iguales y normales al intradós.

el plano vertical que pasa por la junta de intradós tomando como eje la proyección horizontal de la arista y construyendo así la línea 2 3, que representa la arista inferior de la cara de lecho; como los puntos 1 2 están en la charnela del abatimiento, no se desplazan.

Después se ha de obtener la testa de la *planta por lecho*; como la testa es curva, además del vértice 4 necesitaremos obtener un punto intermedio. Para ello, se construye en verdadera magnitud el segmento que une el primer vértice de la cara de lecho con el punto medio de la testa; esto se pone en práctica bajando una vertical desde el punto medio de la *tirantez* F hasta que intersecte al paramento en C y llevando la distancia entre este punto y el vértice 2 a la línea de impostas; la hipotenusa del triángulo rectángulo que forman la proyección en planta y la diferencia de cotas será la verdadera magnitud del segmento que buscamos; trazaremos un arco con centro en 2 y radio igual a esta longitud, y a continuación, otro arco con centro en 3 y radio igual a la mitad de la longitud de la *tirantez*, que Aranda toma de la *cimbria*; donde ambos arcos intersecten estará el punto medio de la testa de la *planta por lecho*.

De la misma manera obtendremos su extremo 4, tomando su distancia a 2, llevándola a la línea de impostas, hallando su verdadera magnitud e intersectando con un arco de radio igual a media *tirantez*. El quinto vértice de la *planta* se obtiene como si el abatimiento de la junta entre dovelas 1 2 coincidiese con la arista exterior del batiente; pero en realidad no coincide porque el abocinamiento del hueco impide que la charnela del abatimiento sea perpendicular a la arista exterior del batiente.

Las *plantas por cara* se obtienen abatiendo con charnela en la línea c 2 que separa el *batiente* de la superficie del intradós. Los puntos c y d, que pertenecen a esta línea, no se moverán, mientras que el punto a se desplazará dentro de la perpendicular a la charnela que pasa por su proyección horizontal; es sencillo obtenerlo tomando la longitud 2 3 de la *planta por lecho* E y trazando un arco con centro en c y radio c b. A continuación se ha de obtener el punto medio de la testa de la *planta por cara*, con objeto de determinar su curvatura, lo que no es fácil porque no tenemos a nuestra disposición una *planta por lecho* que nos ayude a obtener el punto medio.

Por lo tanto, hemos de comenzar bajando una vertical desde el punto medio de la testa de la dovela hasta intersectar con el paramento C; a continuación llevaremos la distancia entre esta intersección y el punto medio de la otra testa de la dovela a la línea de impostas, para construir una

vez más la verdadera magnitud de este segmento por medio de un triángulo rectángulo. Trazaremos un arco con radio igual a esta verdadera magnitud y centro en el punto medio de la testa adintelada; donde arco intersecte a otro con centro en **a** y radio igual a la mitad del ancho de la testa de la dovela estará el punto medio de la testa de la *planta por cara*. A continuación se obtiene el extremo **b** como en tantas ocasiones, tomando la longitud de la junta de intradós de la *planta por lecho* correspondiente y trazando un arco con centro en **d** y radio igual a la longitud de la junta de intradós, así como otro arco con centro en el punto medio de la testa y radio igual a la mitad del ancho de la testa de la dovela; donde intersecten los dos arcos estará el extremo **b**; sólo falta trazar un arco que una **a** y **b** pasando por el punto medio de la testa.

Capialzado viaje por cara desquijado de arco en torre redonda

Para trazar este dicho capialzado viaje por cara desquijado de arco en torre redonda le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y asimismo formarás el arco **B** que sirve de juzgo para sacar el arco extendido **C** y este dicho arco sirve de testa para el lado redondo de la planta **D** el cual dicho arco **C** se ha de extender con el alto que tuvieren los plomos en el arco **B** y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en la circunferencia **D** como se hizo en la cuarta difinition de la primera parte figura **V** y para sacar las plantas por lechos de las piezas de este dicho capialzado las sacarás extendiendo las juntas de la planta con las alturas de los plomos del arco como se hizo en el capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda a 176 planas de este libro como parece en la planta por lecho **E** que se sacó para la junta **F** y esta entre los números 1 2 3 4 5 y las plantas por caras se han de sacar con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsos del arco extendido **C** como se hizo en el dicho capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda como parece en la planta por cara **G** que está entre los ángulos **a b c d**

Aparece aquí la tercera *traza* de la familia del *Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda*.¹¹⁵ En las tres tenemos un capialzado con

¹¹⁵ V. p. 114.

una testa adintelada y otra en arco, siempre dibujado como escarzano aunque podría perfectamente ser de medio punto sin alterar el trazado; el paramento de la testa en arco es convexo. Pero en el *Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda*¹¹⁶ los centros del arco y el dintel están unidos por una línea que es perpendicular al plano de la testa adintelada y corta al eje del cilindro del otro paramento; en el *Capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre redonda* la línea que une los centros del arco y el dintel sigue siendo perpendicular al plano de la testa adintelada, pero se cruza y no corta al eje del cilindro del otro paramento; en cambio, en este *Capialzado viaje por cara desquijado de arco en torre redonda* la línea que une los centros de las dos testas ya no es perpendicular al plano de la testa adintelada, ni corta al eje del cilindro de intradós [246]. En términos más intuitivos, diríamos que en el *Capialzado viaje por testa* ... se ha movido el paramento cilíndrico respecto del arco y el dintel, mientras que en este *Capialzado viaje por cara* ... lo que se ha movido es la testa plana.

A pesar de esto, la construcción es idéntica a la del «corte» anterior. Se da comienzo trazando como en otras muchas ocasiones la planta con su *batiente* y el paramento curvo; después se obtiene la *cimbria* del lado ancho, bajando verticales desde las juntas entre dovelas del arco **B** al plano de impostas hasta encontrar el paramento **C**, trazando una línea de base auxiliar, tomando las distancias entre las intersecciones en **C** y llevándolas sobre la línea de base para levantar las verticales, a las que llevaremos las cotas sobre el plano de impostas tomadas del arco **B**, para obtener el arco desarrollado **D**, y de modo parecido obtendremos el trasdós de **D**; Aranda no da indicaciones para esto por escrito, pero examinando el dibujo parece que se trazan normales al intradós y sobre ellas se marcan longitudes iguales a las *tiranteces* del arco **B**.

Obtenida la *cimbria* de la testa, se pasa a construir las *plantas por lecho*, comenzando por abatir el plano vertical que pasa por la junta de intradós alrededor de su proyección horizontal; los puntos 1 2 están en la charnela del abatimiento y no se desplazan, pero el 3 sí lo hará sobre una perpendicular que pasa por su proyección horizontal, por lo que podremos construirlo tomando su cota del alzado.

Después se ha de obtener la testa de la *planta por lecho*, construyendo para ello su punto medio y el vértice 4. Esto se hace bajando una vertical desde el punto medio de la *tirantez* **F** hasta encontrar el paramento **C** y

¹¹⁶ V. p. 114 y ss.

Figura 246. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 182.

Capialzado viaje por cara desquijado de arco en torre redonda

llevando la distancia entre este punto y el vértice 2 a la línea de impostas; la hipotenusa del triángulo rectángulo que forman y la diferencia de cotas entre los extremos de la junta de intradós será la verdadera magnitud de dicha junta; así pues, trazaremos un arco con centro en 2 y radio igual a esta longitud, y a continuación, otro arco con centro en 3 y radio igual a la mitad de la longitud de F, que tomaremos de la *cimbria* y no del alzado; donde ambos arcos intersecten estará el punto medio de la testa de la *planta por lecho*; del mismo modo podemos obtener el extremo 4. El vértice 5 se obtiene sin más que situarlo sobre A A, lo que es inexacto porque al ser el hueco abocinado la charnela del abatimiento no es perpendicular a la arista exterior del batiente, y por tanto 5 debe salir del plano A A.

Las *plantas por cara* se obtienen abatiendo con eje en la línea que separa el *batiente* de la superficie del intradós. Los puntos c y d no se desplazan al pertenecer a esta línea, mientras que el punto a se moverá dentro de la perpendicular a la charnela que pasa por su proyección horizontal; puede obtenerse tomando la longitud 2 3 de la *planta por lecho* E, no de su simétrica, y trazando un arco con centro en c y radio 3 2. A continuación se ha de determinar la curvatura de la *planta por cara* obteniendo el punto medio de la testa.

Como no tenemos una *planta por lecho* que nos auxilie en este intento, hemos de comenzar bajando una vertical desde el punto medio de la testa de la dovela hasta intersectar con el paramento C; a continuación llevaremos la distancia entre esta intersección y el punto medio de la testa adintelada de la dovela a la línea de impostas, para construir esta falsa junta de intradós en verdadera magnitud por medio de un triángulo rectángulo. Obtenida ésta, trazaremos un arco con tal radio y centro en el punto medio de la testa adintelada; donde este arco intersecte a otro trazado con centro en a y radio igual a la mitad del grosor de la testa de la dovela tendremos el punto medio de la testa de la *planta por cara*. Después podemos obtener el extremo b, tomando la longitud de la junta de intradós de la *planta por lecho* correspondiente y trazando un arco con centro en d y radio igual a la longitud de la junta de intradós, y después otro arco con centro en el punto medio de la testa y radio igual a la mitad del grosor de la testa de la dovela; donde intersecten los dos arcos estará el extremo b; sólo queda trazar un arco que una a y b pasando por el punto medio de la testa para tener completa la *planta por cara*.

Puerta en torre cavada contra capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda

Para trazar esta dicha puerta en torre cavada contra capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y la distancia que hubiere entre las dos líneas **B C** sirve de dintel de la puerta para el lado cavado de la planta **D** y la distancia que hubiere entre las líneas **B E** es el batidero de las puertas y la distancia que hubiere entre la línea **E** y la circunferencia **F** es el capialzo que ha de tener el dicho capialzado y la distancia que hubiere entre las circunferencias **F G** es el arco del dicho capialzado que sirve de testa del lado de la planta redondo **H** y la distancia que hubiere entre las líneas **I L** es el batiente de la planta para sacar las plantas por lechos de las piezas de esta dicha puerta las sacarás extendiéndoles las testas cavadas que miraren hacia la puerta con el juzgo de los plomos que bajaren de los cabos y mitad de las juntas desde la línea **B** a la línea **C** y las testas que miraren hacia el capialzado las extenderás con el juzgo de los plomos que bajaren de los cabos y mitad de las juntas del arco entre las circunferencias **F G** y las caras de las dichas plantas por lechos extenderás con los capialzos que causare el dicho capialzado por las dichas juntas como se hizo en la puerta en torre cavada contra capialzado en torre redonda a regla a 136 planas de este libro como parece en la planta por lecho **M** que está entre los ángulos 1 2 3 4 5 6 7 que se sacó para la junta **N** y las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **O** que se sacó para la pieza **P** tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **Q** desde el punto 8 al punto 9 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **a** y con la otra tocarás en el punto **b** después tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **M** desde el punto 4 al punto 5 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **c** y con la otra circundarás el pedazo de círculo en blanco **d** después tomarás el ancho de su bolsor desde el punto **e** al punto **f** y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **b** y con la otra tocarás en el pedazo de círculo en blanco **d** en el punto **g** y a este dicho punto **g** tirarás la testa de la dicha planta por cara desde el punto **b** con una circunferencia extendida la cual dicha circunferencia se ha de extender

Figura 247. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 184.

Puerta en torre cavada contra capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda

de esta manera tirarás una línea en blanco desde el punto **h** al punto **i** después tirarás otra línea en blanco desde el punto **b** al punto **g** y lo que desviare la dicha primera línea por su mitad que es por el punto **l** de la circunferencia **H** eso ha de desviar la circunferencia extendida de la testa de la segunda línea por su mitad que es el punto **m** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo como parece la dicha planta por cara **O** que está entre los cuatro ángulos **a b c g**

Aranda aborda aquí una nueva traza de la familia de la *Puerta cuadrada a regla contra capialzado cuadrado desquijado de arco*.¹¹⁷ Tenemos, como en aquélla, un dintel en el lado estrecho y bajo y un arco en el ancho y alto; pero las testas no son planas, sino cilíndricas: cóncava la adintelada baja, convexo el arco alto [247].

El método de construcción de las *plantas* es básicamente el usado en otras ocasiones, con las diferencias a que da lugar la convexidad y concavidad de los paramentos. Se da comienzo trazando la planta de la puerta, con sus dos testas concéntricas,¹¹⁸ un dintel entre **D** e **I** y el *batiente* para alojar la carpintería entre **I** y **L**; después se levanta el alzado con el *batidero* **B E**, el arco **F**, y el trasdós del dintel **C**.

A continuación se abate con eje en la intersección de la *planta por lecho* que queremos obtener, en este caso **N** y el plano de impostas **B**; para ello se toman distancias entre las intersecciones de la *planta* con **E**, con las dos caras **F** y **G** del arco y con el dintel **C**. Hasta ahora la construcción es idéntica a la empleada en la *Puerta cuadrada a regla contra capialzado cuadrado desquijado de arco*. Pero aquí no nos basta con obtener los siete vértices de la *planta*, porque dos de sus lados, los correspondientes a las testas, son secciones de sendos cilindros por planos que no son paralelos al eje y por tanto son curvos. Para resolver este problema se obtienen dos puntos adicionales: el punto medio de **N** y el punto intermedio del arco, es decir, el punto medio del segmento que determinan las intersecciones de **N** con **F** y **G**. En palabras de Aranda, *las sacaras extendiéndoles las testas cavadas que miraren hacia la puerta con el juzgo de los plomos que bajaren de los cabos y mitad de las juntas*.

¹¹⁷ V. p. 105.

¹¹⁸ Se ha reproducido la construcción; la distancia entre los centros de ambos arcos es inferior a un milímetro a pesar de encontrarse ambos centros fuera de la *plana*, por lo que pueden considerarse concéntricos a efectos prácticos.

Por otra parte, al ser las testas curvas, los puntos contenidos en las testas se moverán en el abatimiento en un plano perpendicular a la charnela y en general saldrán del paramento, por lo que necesitaremos emplear en las testas una construcción que se usaba en la *Puerta en viaje a regla contra capialzado desquijado viaje por testa*,¹¹⁹ fundada en obtener la proyección horizontal de cada punto y basándose en ésta, el plano en el que se mueve. Pero sólo en las testas, pues en los planos L e I, perpendiculares a la charnela basta con usar la construcción más sencilla de la *Puerta cuadrada a regla contra capialzado cuadrado desquijado de arco*.

Veamos en detalle cómo se hace todo esto. Los puntos 1 y 2 que forman el *diente del dintel* están sobre la charnela y no se moverán. La recta de punta que corresponde al *batiente* se transformará en una recta 3 4 paralela al eje del abatimiento y separada de él por una distancia igual a la que separa las intersecciones de B y E con la *tirantez* N. Esta vez el plano del *batidero* I es perpendicular a la charnela, al contrario de lo que sucedía en la *Puerta en viaje a regla contra capialzado desquijado viaje por testa*,¹²⁰ por tanto el punto 3 situado en la intersección del *batiente* y este plano se mantendrá en el plano del *batidero* en el abatimiento; podemos construirlo fácilmente sin más que tomar en N la distancia entre las intersecciones con B y E y llevarla sobre I a partir de 2. Aún más fácil será obtener 4, pues estará en la intersección de la recta 3 4 paralela al eje del abatimiento y el plano L, del que no sale por ser perpendicular a la charnela.

En cambio, es más difícil obtener 5 pues está situado sobre la testa curva H y no disponemos a priori de una perpendicular a la charnela para situarlo. Pero podemos construirla bajando una vertical desde la intersección de N con F hasta intersectar H, con lo que tendremos la proyección horizontal del punto que buscamos. Por esta proyección horizontal trazaremos una perpendicular a la charnela y sobre esta perpendicular mediremos una longitud igual a la distancia entre las intersecciones de N con B y F desde la charnela para obtener 5.

Seguidamente se emprende la construcción de la testa curva 6 5; como hemos dicho, si es preciso determinar su curvatura hemos de obtener el punto medio del arco, bajando una vertical desde el punto intermedio entre las intersecciones de N con F y G hasta encontrar a H, para tener así la proyección horizontal del punto medio, a partir de la cual trazaremos una perpendicular a la charnela sobre la que mediremos desde la charnela la

¹¹⁹ V. p. 106.

¹²⁰ V. p. 106.

distancia en alzado entre las intersección de F y N y el punto medio, con lo que obtendremos la representación del punto medio en la *planta por lecho*. Por el mismo procedimiento obtendremos el punto 6 y no quedará más que unirlo con 5 gracias a un arco de círculo que pase por el punto medio para obtener la testa de la *planta por lecho* correspondiente al arco del lado alto.

Como el trasdós G del arco es curvo y el del dintel C recto, la superficie de trasdós será una reglada y no podremos suponer que el trasdós de la *planta por lecho* es horizontal como lo era en la *Puerta en viaje a regla contra capialzado desquijado viaje por testa*,¹²¹ por lo que hemos de obtener el punto 7 como hemos obtenido los 5 y 6, bajando una vertical desde la intersección de N con G hasta encontrar a A A, obteniendo así la proyección horizontal del punto que buscamos para trazar desde ahí una perpendicular a la charnela sobre la que llevaremos a partir del eje la distancia entre las intersecciones de N con B y C. Del mismo modo obtendremos la imagen en la *planta por lecho* del punto medio de N; el punto 1 no necesitamos construirlo porque, recordemos, no se ha desplazado de la charnela. Uniendo 1 y 7 con un arco de círculo que pase por el punto abatido del medio de N hemos terminado el trazado de la *planta por lecho*, formada por una línea mixtilínea de nueve vértices, los 1 2 3 4 5 6 7 y dos puntos intermedios entre 5 y 6 y entre 7 y 1.

Las plantas por cara se trazan como en tantas ocasiones a la manera del *Capialzado cuadrado a regla*,¹²² pero aquí también aparecen particularidades derivadas de la curvatura de las testas. Se abate la superficie de intradós alrededor de la línea L que la separa del batiente. Los puntos a y c, situados sobre esta línea, no se desplazarán; el b se moverá sobre una perpendicular a L y lo podemos fijar tomando su longitud de la planta por lecho correspondiente o de la simétrica Q, pues será igual a 4 5. Para obtener g Aranda traza dos arcos, uno con centro en c y radio igual a 4 5 y otro con centro en b y longitud igual al tramo de arco e f; donde intersecten ambos arcos estará g. Como en otros casos la construcción es inexacta no sólo porque los cuatro vértices no son coplanares, sino porque e y f no están en el mismo plano y por tanto no están representados en verdadera magnitud en el alzado.

Todo esto ya se había visto varias veces, pero ahora surge un nuevo problema, pues b g no es recta. Aquí no se puede tomar sin más el radio de

¹²¹ V. p. 106.

¹²² V. p. 13.

H, como se hacía en la *Puerta en torre cavada contra capialzado en torre redonda a regla*,¹²³ porque e f no es horizontal. En lugar de esto Aranda utiliza una construcción aproximada consistente en proyectar el punto medio de e f sobre la *planta* según una línea proyectante vertical, y por tanto oblicua a la *planta*. Para ello traza la cuerda h i, toma la distancia del arco a la cuerda en el punto medio de ésta, y la lleva sobre el segmento g b desde su punto medio para hallar el punto medio del arco correspondiente. Hecho esto, no queda más que unir g, b y el punto medio del arco.

Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre cavada

Para trazar este dicho capialzado cuadrado desquijado de arco en torre cavada le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos A y asimismo formarás el arco B que sirve de juzgo para sacar el arco extendido C y este dicho arco sirve de testa para el lado cavado de la planta D el cual dicho arco C se ha de extender con el alto que tuvieren los plomos en el arco B y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en la circunferencia cavada D como se hizo en la cuarta difinition de la primera parte figura V y para sacar las plantas por lechos de las piezas de este capialzado las sacarás extendiendo las juntas de la planta con las alturas de los plomos del arco como se hizo en el capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda a 176 planas de este libro eceto que la testa que allá es redonda es aquí cavada como parece en la planta por lecho E que esta entre los ángulos 1 2 3 4 5 que se sacó para la junta F y las plantas por caras se han de sacar con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsores del arco extendido C como se hizo en el dicho capialzado cuadrado desquijado en torre redonda que vengan a quedar las testas cavadas como parece la planta por cara G que está entre los ángulos a b c d

Esta *traza* se relaciona con el *Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda*¹²⁴ con la única diferencia de que en aquel el paramento de la testa en arco era convexo y aquí es cóncavo [248]. El trazado comienza como siempre construyendo la planta con su *batiente* y levantando el arco

¹²³ V. p. 45.

¹²⁴ V. p. 114.

Figura 248. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 186.

Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre cavada

que constituye la testa del lado ancho; a continuación vamos a obtener la *cimbria* de la testa en arco, según el método de la *definition* cuarta de la primera parte. Para ello bajaremos las juntas entre dovelas del arco **B** hasta intersectar con el paramento **D** del arco; sobre **D** iremos tomando las distancias entre estas intersecciones y sobre una línea de base auxiliar volveremos a levantar las verticales con las distancias que hayan determinado las intersecciones con el paramento y sobre estas líneas verticales levantaremos las cotas sobre el plano de impostas tomadas del arco **B**, para obtener el arco desarrollado **C**; bastará con bajar verticales y tomar cotas y distancias de un solo lado, pues el arco desarrollado es simétrico por serlo tanto el arco base como el cilindro del paramento respecto del mismo eje; a continuación se ha de obtener el trasdós de **D**, operación que se realiza en el dibujo pero que no se explica en el texto, y que parece resolverse de forma aproximada trazando las *tiranteces* iguales y normales al intradós.

Las *plantas por lecho*, se obtienen como en otros capialzados por abatimientos. En primer lugar, se abate el plano vertical que pasa por la arista inferior de una cara de lecho tomando como charnela la proyección horizontal de la arista y construyendo así la línea 5 1, que representa la arista inferior de la cara de lecho; los puntos 5 4 del *batiente* están en la charnela del abatimiento, por lo que no se desplazan.

A continuación se ha de obtener el punto 2 para construir la testa de la *planta por lecho*; pero como la testa es curva, será preciso hallar un punto intermedio para trazarla como un arco de círculo. Para ello, Aranda construirá en verdadera magnitud los segmentos que unen el primer vértice 5 de la cara de lecho con el tercero, 2, y con el punto medio de la testa.

Esto se hace bajando una vertical desde el punto medio de la *tirantez* **F** hasta que intersecte al paramento, y llevando la distancia entre este punto y el punto 5 a la línea de impostas para construir con la cota del punto medio un triángulo rectángulo cuya hipotenusa nos dará la verdadera magnitud del segmento que une 5 y el punto medio; trazando un arco con este radio y centro en 5 y otro con centro en 1 y longitud igual a la longitud de media *tirantez*, que obtendremos de la *cimbria* **C** tendremos en su intersección la imagen del punto medio de la *tirantez* en la *planta por lecho*. Del mismo modo obtendremos el extremo 2 de la *planta por lecho*. El texto no aclara cómo se traza el trasdós de esta *planta*, pero en el dibujo aparece el vértice 3 sobre la línea **A A**, lo que no es exacto pues el abocinamiento del hueco impide que la arista exterior del batiente sea perpendicular a la charnela del abatimiento.

Las *plantas por cara* se obtienen a partir de las *plantas por lecho* como tantas veces; se abate con charnela en la línea que separa el *batiente* de la superficie inclinada del intradós, y los puntos *c* y *d*, que pertenecen a esta línea, no se moverán, mientras que el punto *a* se desplazará dentro de la perpendicular a la charnela que pasa por su proyección horizontal; podremos obtenerlo tomando la longitud 1 5 de la junta de intradós de la *planta por lecho* E y trazando un arco con centro en *c* y longitud 1 5. Donde este arco intersecte a la perpendicular a la charnela que pasa por la proyección horizontal del extremo inferior de la *tirantez* estará el punto *a* que buscamos.

Ahora construiremos no el extremo de la testa de la *planta por cara*, sino su punto medio, con objeto de determinar su curvatura. No disponemos para ello de una *planta por lecho* en la que apoyarnos para obtener el punto medio, lo que va a complicar las cosas. Hemos de comenzar bajando una vertical desde el punto medio de la testa de la dovela hasta intersectar con el paramento; a continuación llevaremos la longitud de una falsa junta de intradós central a la línea de impostas para formar un triángulo rectángulo que nos dé la verdadera magnitud de la falsa junta de intradós; con este radio trazaremos un arco con centro en la mitad de la otra testa y donde este arco intersecte a otro con centro en *a* y radio igual a la mitad del ancho de la dovela estará el punto medio de la testa. A continuación se obtiene el extremo *b* como en otras ocasiones, tomando la longitud de la *planta por lecho* correspondiente, si es que la hemos trazado, o de su junta de intradós obtenida expresamente si es que no la tenemos, y trazando un arco con centro en *d* y radio igual a la longitud de una semitesta, obtenida de la *cimbria*; donde intersecten ambos arcos estará el extremo *b*.

La misma *traza* la encontramos en la *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*; la construcción es en general similar a la de Aranda, incluso tomando verdaderas magnitudes sobre las testas que después se proyectan sobre el paramento curvo, como hace Aranda en otras *trazas* y utilizando un perfil de la junta de intradós, como el que empleaba Aranda en algunos *Capialzados a regla*.¹²⁵

Resulta reveladora la precisión de Aranda cuando aclara *que vengan a quedar las testas cavadas como parece la planta por cara G*. La insistencia de Aranda en ofrecer una y otra vez dos soluciones para el mismo problema

Figura 249. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 47 v.

*Capítulo de Ingeñero en Torre Canale & f. 35
 & Compa. Cuadrado.*

Figura 250. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de arquitectura, f. 35.

según sea el muro *redondo* o *cabo* resulta extraña a un lector de hoy. Puede deberse en parte a la clara intención didáctica del manuscrito o incluso, su carácter de prontuario, de manual de aplicación directa en obra. Por otra parte, no es lo mismo colocar una plantilla sobre los cuatro vértices de una superficie cóncava, donde no ha de encontrar obstáculo, que en una convexa, donde es imposible que toque los cuatro vértices al mismo tiempo. Pero aquí parece asomar una tercera posibilidad: quizá tanta *torre redonda* o *cavada* respondan a la voluntad de aclarar punto por punto la convexidad o concavidad de las testas de las plantillas; la insistencia de Aranda en dejar claro que las testas de las *plantas* son convexas, parece deberse a un deseo de confrontar la solución de De L'Orme y Vandelvira con la suya, que probablemente deriva de Cristóbal de Rojas.¹²⁶

Capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre cavada

Para trazar este dicho capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre cavada le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y asimismo formarás el arco **B** que sirve de juzgo para sacar el arco extendido **C** el cual dicho arco **C** sirve de testa para el lado cavado de la planta **D** y el dicho arco **C** se ha de extender con el alto que tuvieren los plomos en el arco **B** y con las distancias que hubiere de unos puntos a otros en la circunferencia cavada **D** como se hizo en la cuarta difinition de la primera parte figura **V** y para sacar las plantas por lechos de las piezas de este dicho capialzado las sacarás extendiendo las juntas de la planta con las alturas de los plomos del arco como se hizo en el capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda a 176 planas de este libro que vengan a quedar las testas cavadas como parece en la planta por lecho **E** que está entre los ángulos **1 2 3 4 5** que se sacó para la junta **F** y las plantas por caras se han de sacar con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsos del arco extendido **C** como se hizo en el dicho capialzado cuadrado de arco en torre redonda que vengan a quedar las testas cavadas como parece en la planta por cara **G** que esta entre los cuatro ángulos **a b c d**

¹²⁵ Juan GARCÍA BERRUGUILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, Madrid, Francisco Mojados, 1747, p. 108; v. pp. 18 - 24 de este trabajo.

¹²⁶ V. p. 95 y ss. y 102 y ss. del Tomo II.

Esta *traza* es una variante del *Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre cavada* en la que el eje del cilindro del paramento es paralelo al plano de simetría de la testa adintelada y de la figura que se proyecta sobre el cilindro del paramento para obtener la testa en arco pero no está contenido en dicho plano de simetría [251].

El «corte» comienza como tantas veces trazando la planta con su *batiente* y levantando el arco que se va a proyectar sobre el cilindro del paramento para formar la testa del lado ancho; luego se traza el desarrollo de dicha testa, según el método de la *difinition* cuarta de la primera parte.¹²⁷ Para ello bajaremos *plomos* desde los extremos de las juntas de testa del arco **B** hasta intersectar con el paramento **D** del arco; en **D** vamos tomando las distancias entre estas intersecciones que llevamos sobre la línea de base auxiliar a partir de la cual volvemos a levantar las verticales en las que marcaremos las cotas sobre el plano de impostas tomadas del arco **B**, para obtener el arco desarrollado **C**; al contrario de lo que sucedía en la *traza* anterior, será preciso bajar verticales y tomar distancias de ambos lados, pues el arco desarrollado no es simétrico por no serlo el cilindro del paramento respecto del plano de simetría del arco base. El texto no da indicaciones acerca del método empleado para obtener el trasdós, pero examinando el dibujo¹²⁸ se puede comprobar que se resuelve trazando las *tiranteces* de igual longitud, ligeramente mayores que las de **B** y normales al intradós, como en la *Difinition* tercera de la primera parte de los *Cerramientos*.

Las *plantas por lecho*, se obtienen como en tantas ocasiones por abatimientos. En primer lugar, se abate el plano vertical que pasa por la junta de intradós tomando como eje la proyección horizontal de la arista y construyendo así la línea 5 1, que representa la arista inferior de la cara de lecho; los puntos 5 4 del *batiente* están en la charnela del abatimiento, por lo que no se desplazan.

A continuación se ha de obtener el punto 2 para construir la testa de la *planta por lecho*; pero como la testa es curva, será conveniente hallar un punto intermedio para trazarla como un arco de círculo. Para ello, Aranda aborda la construcción en verdadera magnitud de los segmentos que unen

¹²⁷ V. p. 27 del Tomo II.

¹²⁸ Se ha reproducido tanto la construcción aproximada a la que nos referimos como la exacta sobre una copia del dibujo del Servicio Histórico Militar, que presenta errores inapreciables respecto de la solución de juntas de testa iguales y normales al intradós, mientras que se separa en dos milímetros de la solución exacta en la *tirantez* F; también se ha comprobado que las juntas de testa son ligeramente mayores en la *cimbria* que en el arco original.

Figura 251. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 188.

Capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre cavada

el primer vértice 5 de la cara de lecho con el tercero, 2, y con el punto medio de la testa, respectivamente. Para ello baja una vertical desde el punto medio de la *tirantez* F hasta que intersecte al paramento D, y lleva la distancia de este punto al punto 5 a la línea de impostas para construir con la cota del punto medio un triángulo rectángulo cuya hipotenusa nos dará la verdadera magnitud del segmento que une 5 y el punto medio; trazando un arco con este radio y centro en 5 y otro con centro en 1 y longitud igual a la semilongitud de F, que obtendremos de C tendremos en su intersección la imagen del punto medio de la *tirantez* en la *planta por lecho*. Del mismo modo obtendremos el extremo 2 de la *planta por lecho*.

El texto nada dice del trazado del trasdós pero en el dibujo aparece el vértice 3 sobre la línea A A, lo que es inexacto pues el abocinamiento del hueco impide que la arista exterior del batiente sea perpendicular a la charnela del abatimiento, y por lo tanto el punto 3 ha de salir del plano del abatimiento.

Las *plantas por cara* se obtienen a partir de las *plantas por lecho* como en otras ocasiones; se abate con charnela en la línea que separa el *batiente* de la superficie inclinada del intradós, y los puntos c y d, que pertenecen a esta línea, no se moverán, mientras que el punto a se desplazará dentro de la vertical que pasa por su proyección horizontal, puesto que ésta es perpendicular a la charnela; podremos obtenerlo tomando la longitud 1 5 de la *planta por lecho* E y trazando un arco con centro en c y longitud 1 5. Donde este arco intersecte a la vertical estará el punto a que buscamos. A continuación construye el punto medio de la testa de la *planta por cara*, con objeto de determinar su curvatura. No tenemos una *planta por lecho* en la que apoyarnos para obtener el punto medio, lo que va a dificultar el trazado. Comenzamos bajando una vertical desde el punto medio de la testa de la dovela hasta intersectar con el paramento; a continuación trazamos una línea desde el punto medio de c d al punto medio del arco de D que corresponde a la dovela y llevamos la longitud de esta falsa junta de intradós a la línea de impostas para formar un triángulo rectángulo que nos dará la verdadera magnitud de la falsa junta; con este radio trazamos un arco con centro en el punto medio de c d y donde este arco intersecte a otro con centro en a y radio igual a la mitad del ancho de la dovela, que hemos de tomar de C, estará el punto medio de la testa. A continuación se obtiene el extremo b como en otros casos, tomando la longitud de la *planta por lecho* correspondiente, no de la opuesta, que aquí no es simétrica, y trazando un arco con centro en el punto medio de la testa y radio igual a la

longitud de una semitesta, obtenida también del desarrollo **D**; donde intersecten ambos arcos estará el extremo **b**.

Capialzado en viaje por cara desquijado de arco en torre cavada

Para trazar este dicho capialzado viaje por cara desquijado de arco en torre cavada le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y asimismo formarás el arco **B** que sirve de juzgo para sacar el arco extendido **C** este dicho arco sirve de testa para el lado cavado de la planta **D** y el dicho arco **C** se ha de extender con el alto que tuvieren los plomos en el arco **B** y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en la circunferencia cavada **D** como se hizo en la cuarta difinition de la primera parte figura **V** y para sacar las plantas por lechos de las piezas de este dicho capialzado las sacarás extendiendo las juntas de la planta con las alturas de los plomos del arco como se hizo en el capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda a 176 planas de este libro que vengan a quedar las testas cavadas como parece en la planta por lecho **E** que está entre los ángulos señalados con los números 1 2 3 4 5 que se sacó para la junta **F** y las plantas por caras se han de sacar con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsos del arco extendido **C** como se hizo en el dicho capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda que vengan a quedar las testas cavadas como parece en la planta por cara **G** que está entre los cuatro ángulos a **b c d**

Esta traza es una nueva variante del *Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre cavada*; ¹²⁹ en ella el eje del cilindro del paramento se corta con el eje del arco que proyectado sobre el cilindro da la testa alta, pero no está contenido en el plano de simetría de la testa adintelada [252]. Dicho de un modo más gráfico, en el *Capialzado viaje por testa desquijado de arco en torre cavada* que acabamos de ver el cilindro del paramento se ha desplazado respecto de las dos testas que permanecen fijas, mientras que en este *Capialzado en viaje por cara desquijado de arco en torre cavada* lo que se ha desplazado es la testa adintelada respecto de la testa en arco y el cilindro del paramento.

¹²⁹ V. p. 114.

Figura 252. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 190.

Figura 253. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f.

Capialzado viaje por cara desquijado de arco en torre cavada

Por lo demás, la construcción es la misma que en las *trazas* anteriores. Se traza la planta con su *batiente* y se levanta el arco que se va a proyectar sobre el cilindro del paramento para formar la testa del lado ancho; a continuación se obtiene el desarrollo de dicha testa, según el método de la *difinition* cuarta de la primera parte, bajando las juntas entre dovelas del arco **B** hasta intersectar con el paramento **D** del arco; sobre **D** vamos tomando las distancias entre estas intersecciones y las llevamos sobre una línea auxiliar en la que volvemos a levantar las verticales a las que llevaremos las cotas sobre el plano de impostas tomadas del arco **B**, para obtener el arco desarrollado **C**; como en el *Capialzado cuadrado desquijado de arco en torre cavada* y al contrario de lo que sucedía en la *traza* anterior, no será preciso bajar verticales y tomar distancias de ambos lados, sino que bastarán las de un lado, pues el arco desarrollado es simétrico por serlo el cilindro del paramento y el arco que se proyecta sobre él respecto de un mismo plano de simetría; aquí lo único que es asimétrico es la testa adintelada que no interviene en este desarrollo.

Las *plantas por lecho*, se obtienen por abatimientos como en otras muchas ocasiones. En primer lugar, se abate el plano vertical que pasa por una junta de intradós tomando como eje la proyección horizontal de la junta de intradós; obteniendo así la línea 5 1, que representa la arista inferior de la cara de lecho; los puntos 5 4 del *batiente* están en la charnela del abatimiento, por lo que no se desplazan. A continuación se han de obtener el extremo y el punto medio de la testa 1 2 de la *planta por lecho*, para definir su curvatura y trazarla de forma aproximada como si fuera un arco de círculo, aunque en realidad es un arco de elipse. Para hacer esto, Aranda construye en verdadera magnitud los segmentos que unen el primer vértice 5 de la cara de lecho con el tercero, 2, y con el punto medio de la testa, bajando una vertical desde el punto medio de la *tirantez* F hasta que intersecte al paramento **D**, y llevando la distancia entre este punto y el punto 5 a la línea de impostas para formar con la cota del punto medio un triángulo rectángulo cuya hipotenusa nos dará la verdadera magnitud del segmento que une 5 y el punto medio; trazando un arco con este radio y centro en 5 y otro con centro en 1 y longitud igual a la mitad de la longitud de la *tirantez* F, que obtendremos de **C**, tendremos en su intersección la imagen del punto medio de la *tirantez* en la *planta por lecho*; del mismo modo obtendremos el extremo 2 de la *planta por lecho*. El trazado del trasdós no se explica en el texto pero en el dibujo aparece el vértice 3 sobre la línea AA, lo que no es exacto pues a causa del abocinamiento del hueco la arista exterior del *batiente* no puede ser

perpendicular a la charnela del abatimiento, y por lo tanto el punto 3, que no está en la charnela ha de salir necesariamente del plano del abatimiento.

Las *plantas por cara* se obtienen a partir de las *plantas por lecho* como en otras muchas ocasiones; se abate para ello con charnela en la línea que separa el *batiente* de la superficie inclinada del intradós, y los puntos c y d, que pertenecen a esta línea, no se moverán, mientras que el punto a se desplazará dentro de la vertical que pasa por su proyección horizontal, que es perpendicular a la charnela; podremos obtener la imagen abatida de a tomando la longitud 1 5 de la *planta por lecho* E y trazando un arco con centro en c y longitud 1 5; donde este arco intersecte a la vertical estará el punto a que buscamos. A continuación vamos a construir el punto medio de la testa de la *planta por cara*, con objeto de determinar su curvatura; aunque no tenemos para ello disponible una *planta por lecho* en la que apoyarnos para obtener el punto medio, podemos bajar una vertical desde el punto medio de la testa de la dovela hasta intersectar con el paramento D; a continuación trazaremos una línea desde el punto medio de c d al punto medio del arco de D que corresponde a la dovela y llevamos la longitud de esta línea a la de impostas para formar así un triángulo rectángulo que nos dará su verdadera magnitud; con este radio trazamos un arco con centro en el punto medio de c d y donde este arco intersecte a otro con centro en a y radio igual a la mitad del ancho de la dovela, que tomaremos de C, estará el punto medio de la testa. Después obtendremos el extremo b como en otros casos, tomando la longitud de la *planta por lecho* correspondiente, no de la opuesta, que aquí no es simétrica, y trazamos un arco con centro en d y radio igual a la longitud de una semitesta, obtenida también del desarrollo D; donde intersecten ambos arcos estará el extremo b.

Puerta en torre redonda contra capialzado cuadrado desquijado de arco en torre cavada

Para trazar esta dicha puerta en torre redonda contra capialzado cuadrado desquijado de arco en torre cavada le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos A y formarás el dintel de la puerta como parece entre las líneas B C que sirve de testa para el lado redondo de la planta D y la distancia que hubiere entre las líneas B E es batidero de las puertas y la distancia que hubiere entre la línea E y la circunferencia F es el capialzo que ha de tener el dicho capialzado y la distancia que

Figura 254. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 192.

Puerta en torre redonda contra capialzado cuadrado desquijado de arco en torre cavada

hubiere entre las circunferencias F G es el arco del dicho capialzado que sirve de testa para el lado cavado de la planta H y la distancia que hubiere entre las líneas I L es batiente de la dicha planta y para sacar las plantas por lechos de las piezas de esta dicha puerta las sacarás extendiéndoles las testas redondas que sirven para el dintel de la puerta con el juzgo de los plomos que bajaren de los cabos y mitades de las juntas del dicho dintel desde la línea B a la línea C y las testas que miraren hacia el capialzado las extenderás con el juzgo de los plomos que bajaren de los cabos y mitades de las juntas del dicho arco entre las circunferencias F G y las caras las extenderás con los capialzos que causare el dicho capialzado por las dichas juntas como se hizo en la puerta en torre cavada contra capialzado en torre redonda a regla a 136 planas de este libro como parece en la planta por lecho M que está entre los ángulos 1 2 3 4 5 6 7 que se sacó para la línea de la junta N y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho que tuvieren los bolsos en el arco extendiendo las testas por circunferencia concurriente como se hizo en la puerta en torre cavada contra capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda a 183 planas de este libro como parece en la planta por cara O que está entre los cuatro ángulos a b c d que se sacó para la pieza P

En la *Puerta en torre cavada contra capialzado cuadrado desquijado de arco en torre redonda*¹³⁰ se resolvía un hueco con una testa cóncava, adintelada y baja y un arco ancho y alto en un paramento convexo. Aquí, siguiendo con la combinatoria *de que proceden muchas y infinitas figuras geométricas* vamos a estudiar una puerta con la testa adintelada en un paramento cóncavo y el arco alto en un paramento convexo [254].

El método de construcción de las *plantas* es el usado en otros casos. Comenzaremos trazando la planta de la puerta, con sus dos testas que en este caso no son ni concéntricas ni de igual radio, un dintel entre D e I y el *batiente* que ha de alojar la carpintería entre las líneas paralelas I y L; después levantaremos el alzado con el *batidero* B E o superficie vertical contra la que han de batir las puertas, el arco F G, y el trasdós del dintel C.

¹³⁰ V. p. 126.

Después se abate con eje en la intersección de la *planta por lecho* que queremos obtener, N, y el plano de impostas B; para ello hemos de tomar distancias entre las intersecciones de la *planta* con E, con las dos caras F y G del arco y con el dintel C; pero no es suficiente obtener los vértices de la *planta*, porque los dos lados de las testas son secciones de los dos cilindros de paramento por planos oblicuos al eje y por tanto son arcos de elipse. Para fijar su curvatura y trazarlos aproximadamente como arcos de círculo se obtienen dos puntos adicionales: el punto medio de N, que nos da la curvatura de la testa adintelada, y el punto intermedio del arco, o dicho con más precisión, el punto medio del segmento que determinan las intersecciones de N con F y G.

Al ser las testas curvas, los puntos contenidos en ellas se moverán en el abatimiento en un plano perpendicular a la charnela y saldrán de la testa, por lo que necesitaremos usar en las testas, y sólo en las testas, una construcción introducida en la *Puerta en viaje a regla contra capialzado desquijado viaje por testa*,¹³¹ basada en obtener la proyección horizontal de cada punto y a partir de ésta, el plano en el que se mueve. Los puntos 1 y 2 que forman el *diente del dintel* están sobre la charnela y no se desplazarán en el abatimiento. La recta de punta que corresponde al *batiente* se transformará en una recta 3 4 paralela a la charnela y distante de él una distancia igual a la que separa las intersecciones de B y E con la *tirantez* N. Como el plano del *batidero* I es perpendicular a la charnela, el punto 3 situado en la intersección del *batiente* y este plano no saldrá del plano del *batidero* en el abatimiento; podemos obtenerlo con facilidad tomando en N la distancia entre las intersecciones con B y E y llevándola sobre I a partir de 2. Aún más sencillo será obtener el punto 4, que estará en la intersección de la recta 3 4 paralela a la charnela y el plano L, en el que se mantiene por ser perpendicular al eje del abatimiento.

Más difícil es situar el punto abatido del 5, que está situado sobre la testa curva H, pues no tenemos una perpendicular al eje del abatimiento para ayudarnos; pero podemos construirla bajando una vertical desde la intersección de N con F hasta encontrar H, obteniendo así la proyección horizontal del punto que buscamos; por esta proyección podemos trazar una perpendicular al eje, sobre la que tomaremos una longitud igual a la distancia entre las intersecciones de N con B y F a partir de la charnela, representada en planta por una vertical bajada desde la intersección entre N y B, para obtener el punto 5 que buscamos. Por un procedimiento similar

¹³¹ V. p. 106.

obtendremos el punto medio del arco, bajando una vertical desde el punto intermedio entre las intersecciones de N con F y G hasta encontrar a H, y trazando desde la intersección una perpendicular al eje del abatimiento sobre la que mediremos la distancia en alzado entre la intersección de E y N y el punto medio. Del mismo modo obtendremos el punto 6, que uniremos con 5 mediante un arco de círculo que pase por el punto medio para obtener la testa. Y del mismo modo situaremos 7, que aquí no está a la misma altura que 6, y también el punto medio de 7 1 para unir 7 y 1 por un arco de círculo que pase por el punto medio obteniendo así la testa curva 7 1 con la que damos fin a la *planta por lecho*.

Las *plantas por cara* se trazan como en otras muchas ocasiones. Aranda intenta abatir la superficie de intradós alrededor de la línea L que la separa del *batiente*; los puntos a y b no se desplazarán, mientras que el d se moverá sobre una perpendicular a L y lo podemos fijar tomando su longitud de la *planta por lecho* correspondiente o de la simétrica. Para obtener c se trazan dos arcos, uno con centro en c y radio igual a 4 5 y otro con centro en b y longitud igual al tramo del arco F correspondiente a la dovela; donde intersecten ambos arcos estará c. La construcción es inexacta porque los cuatro vértices no son coplanares y además porque los dos extremos del tramo del arco F correspondiente a la dovela no están en el mismo plano y por tanto no están representados en verdadera magnitud en el alzado.

La testa de la *planta* es la intersección de dos cilindros de ejes perpendiculares, esto es, un luneto cilíndrico recto. Aranda la construye de forma aproximada proyectando el punto medio de e f sobre la *planta* según una línea proyectante vertical, oblicua a la *planta*. Para ello traza la cuerda del arco de H que corresponde a la dovela, toma la distancia del arco a la cuerda en el punto medio de ésta, y la lleva sobre el segmento c d desde su punto medio para hallar el punto medio del arco correspondiente. Hecho esto, no queda más que unir g, b y el punto medio del arco.

Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa

Para trazar este dicho capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos A y asimismo formarás el arco B que sirve de testa para el lado de la planta en vuelta de horno C y para sacar las plantas por lechos de las piezas de este dicho capialzado las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho D tomarás lo que capialza su junta desde el

punto 1 al punto 2 y este tamaño echarás de cuadrado desde el punto 3 al punto 4 que haga ángulo recto con la línea 5 después tomarás el largo de su junta en la planta desde el punto 6 al punto 7 y este tamaño echarás desde el punto 4 al punto 8 y desde este dicho punto 8 al punto 3 tirarás la cara de la dicha planta por lecho D después tomarás el alto del cuadrado de su bolsor que es la distancia que hubiere desde el punto 9 al punto 10 y este tamaño echarás desde el punto 11 al punto 12 y lo que hubiere desde el dicho punto 12 al punto 3 en la dicha vuelta de horno C será la testa de la dicha planta por lecho y tirando su batiente y tardos quedará formada la dicha planta por lecho como parece entre los ángulos 8 3 12 13 14 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas de cuadrado antes que se hayan de robar las piezas y las plantas por caras las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara E tomarás el largo de la cara de la planta por lecho D desde el punto 3 al punto 8 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto a y con la otra tocarás en el plomo que bajo de su junta en el punto b y por este dicho punto b circundarás la testa de la dicha planta por cara con el cintrel de la vuelta de horno y vaya galgada con la dicha vuelta de horno C y tope en los dos plomos que bajaren del cuadrado de su bolsor que son los puntos c d y de esta manera quedará formada la dicha planta por cara como parece entre los puntos c d e f y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas de cuadrado antes que se roben las piezas y para labrar las piezas de este dicho capialzado les labrarás primero las caras a regla y borneo cortándolas de cuadrado con la forma que tuvieren sus plantas por caras y a los lechos les plantarás sus plantas por lechos a cada pieza le plantarás por los dos lechos con la planta que se sacó para el lecho más bajo de la dicha pieza que vengan a quedar las testas en vuelta de horno por todas partes con el ancho que tuvieren las testas de las plantas por caras y con el alto que tuvieren las testas de las plantas por lechos y con estos altos y anchos formarás sus cuadrados extendidos y entrarás los bolsores en cuadrado segunda vez conforme se hizo en la primera difinition de esta segunda parte figura A y con los robos que causaren los dichos bolsores en los dichos cuadrados robarás las dichas piezas por las testas y pasarán los dichos robos por las

Figura 255. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 194.

Figura 256. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de arquitectura, f. 36.

Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa

caras lechos y tardoses y de esta manera quedarán labradas las dichas piezas por robos

Poco a poco van apareciendo en esta segunda parte muchas de las dificultades que nos hemos encontrado en la primera, dedicada a arcos. Después de los capialzados *en torre redonda* y *en torre cavada*, ahora le toca el turno a los capialzados *en vuelta de horno* y *avanzados*. Es decir, a las complicaciones propias de los capialzados, la diferencia de cotas entre las dos testas y el abocinamiento, se va a añadir la apertura de una de las testas en una superficie aproximadamente esférica [255]; y decimos aproximadamente pues en realidad es una superficie de traslación, como veremos. Una solución similar encontramos en el *Cuaderno de Arquitectura* de Juan de Portor y Castro [256].¹³²

Aranda va a abordar su labra por un método intermedio entre los dos grandes polos de la cantería del Renacimiento, los procedimientos *por robos* y *por plantas*. Dada la forma muy compleja de la dovela, se plantea obtener primero un sólido capaz del que irá obteniendo la forma definitiva por aproximaciones sucesivas. Pero precisamente por la complejidad de la forma no le interesa partir de un sólido capaz prismático, que le llevaría a un gran desperdicio de trabajo y material, sino de un sólido más adaptado a la forma definitiva de la dovela, aunque no coincida exactamente con ella. Así, desbastará primero el sólido capaz con ayuda de *plantas* que utiliza de una manera peculiar, para después robar cuatro cuñas que le darán la forma definitiva de la dovela,

La traza comienza, como era de esperar, construyendo la planta del hueco con el arco de circunferencia **C**, que representa la sección de la superficie pseudoesférica por el plano de impostas, las dos jambas y el batiente; a continuación se levanta el arco **B** del alzado, trazado como escarzano pero que podría ser perfectamente de medio punto, se reparte en partes iguales y se inscribe cada dovela en un rectángulo de lados perpendiculares y paralelos al plano de impostas.

Lo que no es reparte en partes iguales es el dintel, pues las juntas de intradós no se trazan convergentes como en la mayoría de los capialzados, sino perpendiculares a la testa adintelada. Tenemos por lo tanto un capialzado de jambas divergentes y juntas de intradós paralelas en planta; ya habíamos visto que esta solución se aplicaba al *Capialzado desquijado*

¹³² Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 101, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114.

cuadrado en el manuscrito de Alonso de Guardia, en la parroquial de Eibar y en el monasterio de La Espina.¹³³ Aranda emplea la solución de juntas paralelas, pero no en esa *traza*, sino en el *Capialzado de arco contra el dintel*¹³⁴ y en éste que estamos examinando.

Hecho esto, se puede pasar a la construcción de las *plantas por lecho*; unas *plantas* peculiares, pues representan no una u otra de las caras del sólido capaz, sino su sección por un plano vertical y perpendicular a la testa adintelada que pasa por el punto 1, el más bajo de la testa de la dovela correspondiente al arco. Esta sección se obtiene abatiendo con charnela en la intersección de ese plano con el de impostas, pero se construye sobre el eje de simetría de la planta para poder aprovechar C, que es la sección horizontal de la superficie en la que se abre la testa en arco, como sección de la misma superficie por un plano vertical.

Esta operación es una nueva manifestación del ingenio de los canteros del Renacimiento para resolver los problemas con una sorprendente economía de trazados; pero es también la responsable de que la superficie de testa resultante no sea esférica, pues C se utiliza como sección de la superficie de testa por cualquier plano vertical paralelo al plano de simetría del capialzado. Como consecuencia, no existe diferencia entre círculos máximos - el contenido en el plano vertical que pasa por 8 4 - y menores - como el contenido en el plano de 6 7 - Por tanto, la superficie es la superficie de traslación generada por una circunferencia al deslizarse a lo largo de otra de igual radio C; lo mismo sucedía en el *Arco en vuelta de horno por testa*¹³⁵ y otros de su familia.

Así, para abatir esta curiosa *planta por lecho* tomaremos de B la distancia 1 2 y trazaremos una paralela a 5 que diste de ella esa longitud, que nos representará la recta de punta que pasa por 1; donde esta recta intersecte a C, que vale como sección abatida de la superficie de testa por 1 2, estará el punto 3, imagen abatida de 1. Del mismo modo, tomando del alzado la altura 9 10 y trazando una paralela a 4 8 que diste de 3 una longitud igual a 10 9, tendremos donde intersecte a C el otro vértice 12 de la *planta por lecho*. Es evidente que no es necesario obtener un punto medio, porque la circunferencia C nos da la sección de la superficie de traslación por cualquier plano paralelo al de simetría del capialzado. Ahora bien, el precio de tanta economía es que la testa así obtenida está

¹³³ V. p. 68.

¹³⁴ V. p. 97.

¹³⁵ V. p. 167 del Tomo II.

desplazada respecto a la línea A A, puesto que el punto 3, imagen de 1, está más cerca de A A que 6, proyección horizontal de 1, y 3 debería moverse en un plano perpendicular a la charnela y por tanto paralelo a A A, conservando así su distancia. Pero Aranda no se arredra ante esta dificultad y decide desplazar toda la *planta por lecho*, percibiendo con claridad que lo que importa de ésta es su forma y no su posición. La proyección horizontal de su arista inferior será 6 7, y por tanto llevando sobre la recta 5 esta longitud a partir de 4 tendrá el punto 8; lo correcto hubiera sido llevarlo de la intersección del eje del capialzado con C, pues 6 es la proyección de la junta de intradós en el plano de impostas. En cualquier caso, a partir del 8 puede obtener el 14, y *tirando su batiente y tardos quedara formada la dicha planta por lecho*.

Las *plantas por cara* del sólido capaz se obtienen, como siempre en los capialzados, abatiendo con charnela en la línea que separa el *batiente* de la superficie de intradós. Pero esta vez la tarea se ve simplificada porque las juntas de intradós no siguen el abocinamiento de las jambas, sino que están contenidos en planos paralelos al plano de simetría del capialzado. Así, para obtener la *planta* E podemos situar el punto b, imagen abatida de 1, o como hace Aranda, de su simétrico; estará en la prolongación de la vertical bajada desde el simétrico de 1, y a una distancia de a igual a la longitud de la junta de intradós 3 8 que tomamos de la *planta por lecho* simétrica. Para trazar la testa de la *planta por cara* Aranda aprovecha que las secciones de la superficie de traslación por planos horizontales son iguales y traza c d con el *cintrel*, esto es, el radio, de C; reconoce que esta condición no es suficiente para determinar el arco y añade *y vaya galgada con la dicha vuelta de horno* C, es decir, que las distancias de c y d a C, medidas a lo largo de sus respectivas verticales, deben ser iguales a la distancia de b a C, también medida en su vertical.

La labra de esta pieza es peculiar, razón por la que Aranda la expone con mayor detalle que otras veces. En primer lugar hay que desbastar un plano en un bloque y marcar sobre él la *planta por cara*, cuidando de señalar los puntos e y f que definen el *batiente*; a continuación se han de *labrar de cuadrado*, es decir, obtener los planos verticales que limitan la pieza lateralmente, que son perpendiculares al plano en el que hemos marcado la *cara*. Sobre estos planos verticales vamos a marcar las plantillas de lecho; en palabras de Aranda *a los lechos les plantarás sus plantas por lechos a cada pieza le plantarás por los dos lechos con la planta que se sacó para el lecho más bajo de la dicha pieza*. Pero ahora surge un problema del que el texto nada dice: lo que tenemos es la sección por el plano b a, que resultará

demasiado larga al aplicarla a *f d* y demasiado corta en *e c*. En la práctica el problema debería de resolverse desplazando la *planta por lecho* de forma que primero marcaríamos la testa *11 12* tomando como referencia *d* y después el triángulo *8 14 11* tomando como referencia *f*; una vez más hemos aprovechado que todas las secciones de las superficie de testa por planos paralelos al de simetría son iguales. Una vez marcadas así las testas quitaríamos material para darles su forma de manera que

vengan a quedar las testas en vuelta de horno por todas partes con el ancho que tuvieren las testas de las plantas por caras y con el alto que tuvieren las testas de las plantas por lechos y con estos altos y anchos formarás sus cuadrados extendidos

Un punto que puede pasar desapercibido es el hecho de que los *cuadrados* sean *extendidos*. Comparando esta *traza* con otras de la misma familia como el *Capialzado viaje por testa en vuelta de horno por testa* y el *Capialzado viaje por cara en vuelta de horno por testa*, vemos que allí se obtiene una *cimbria* o desarrollo del arco de testa, en el cual se trazan las envolventes de las dovelas, mientras que aquí no se traza tal *cimbria* y la envolvente de la dovela se representa directamente sobre la proyección *B*. Por tanto, para marcar la testa de la dovela, hemos de tomar sus lados verticales de las *plantas por lecho*, aunque también podríamos tomarlos del arco *B*, pues serán iguales a *10 9*; pero en cambio no podemos tomar sus lados horizontales de *B*, pues allí no está representado en verdadera magnitud dado que *B* es proyección y no desarrollo del arco de testa; lo correcto será tomarlo de la *planta por cara*, donde será igual a *c d*. Por tanto, el rectángulo que marcaremos en la testa no será igual al representado en *B*, sino *extendido*, más ancho. Por tanto, aquí Aranda sí tiene en cuenta que los segmentos con extremos en distintos planos frontales no están representados en verdadera magnitud, y aplica la corrección oportuna, al contrario de lo que sucedía en otras *trazas*.¹³⁶

Con esto hemos obtenido el sólido capaz, pero aún queda dar forma definitiva a la dovela. Para ello hemos de seguir la técnica expuesta en la *definición* primera de esta segunda parte, marcando la forma de la dovela en ambas testas y llevando tiradas de los vértices de una cara a los de la otra para quitar cuatro cuñas, dos por los lechos, uno por el intradós y otro por el trasdós. Es de notar que Aranda no dice nada acerca de cómo se ha de trazar la testa adintelada, quizá por entender que se puede trazar con libertad dentro de tres reglas básicas: mantener las juntas de intradós en

¹³⁶ V. p. 113 del Tomo II.

planos paralelos al de simetría, limitar el dintel entre dos rectas paralelas, y tirar las juntas de lecho convergentes para conseguir un efecto de arco adintelado.

Capialzado viaje por testa en vuelta de horno por testa

Para trazar este dicho capialzado viaje por testa en vuelta de horno por testa le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y asimismo formarás el arco **B** que sirve de juzgo para formar el arco extendido **C** el cual dicho arco **C** se ha de extender con el alto que tuvieren los plomos en el arco **B** y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en la vuelta de horno que sirve para el lado de la planta **D** como se hizo en la cuarta difinition de la primera parte figura **V** el cual dicho arco extendido **C** le entrarás los bolsores en cuadrado para haberlos de robar como se hizo en la primera difinition de esta segunda parte figura **A** y circundarás la circunferencia **E** con el cintrel de la vuelta de horno **D** que sirve para sacar las plantas por lechos para plantarlas de cuadrado las cuales dichas plantas por lechos las sacarás con el largo que tuvieren las juntas en la planta y con el alto de sus capialzos echados en la circunferencia **E** como se hizo en el capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa a 193 planas de este libro como parece la planta por lecho **F** que esta entre los ángulos 1 2 3 4 5 que se sacó para la junta **G** y las plantas por caras se han de sacar echando a cada una el largo de la planta por lecho de su junta más baja en su junta galgando las testas con la vuelta de horno **D** como se hizo en el dicho capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa como parece en la planta por cara **H** que esta entre los ángulos a **b c d** y las piezas de este dicho capialzado se han de labrar primero de cuadrado con las plantas por lechos y por caras y después se han de robar con los robos que causaren los cuadrados de los bolsores en el arco extendido **C** como se hizo en el dicho capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa

Tenemos aquí una *traza* derivada de la anterior en la que además de encontrarnos con las complicaciones de la diferencia de cotas entre las dos testas y el abocinamiento, una de las testas se abre en una superficie pseudoesférica, pero además este capialzado no es *cuadrado*, sino *viaje por testa* [257]. Es decir, el centro de la circunferencia que sirve de directriz de

la superficie de traslación no está en el plano de simetría de la testa plana y el arco que, proyectado sobre la superficie de traslación, nos dará la testa en arco.

Como en el caso anterior, la labra se aborda por un procedimiento que es en parte *por robos*, en parte *por plantas*; es decir, se obtiene en primer lugar un sólido capaz al que después se dará la forma definitiva; pero la complejidad de la forma no aconseja partir de un sólido capaz prismático sino de una envolvente más próxima a la forma definitiva de la dovela. Así, se desbastará primero el sólido capaz con ayuda de *plantas* para *robar* a continuación cuatro cuñas, lo que nos dará la forma definitiva de la dovela.

La traza comienza, como siempre, construyendo la planta del hueco con el arco de circunferencia **D**, que representa la sección de la superficie pseudoesférica por el plano de impostas, las dos jambas y el *batiente*; a continuación se levanta el arco escarzano **B** del alzado. A partir de este momento comienzan las divergencias con el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*, pues Aranda aborda la construcción de una *cimbria*, esto es, de un desarrollo del arco que sirve de testa del capialzado en **D**, por un procedimiento derivado como en otras ocasiones de la *difinition* cuarta de la primera parte.¹³⁷ Para ello baja verticales desde **B** hasta intersectar con **D**, toma las distancias entre estas verticales y las lleva sobre una línea auxiliar, vuelve a levantar verticales desde los puntos así obtenidos en la línea auxiliar y toma sobre estas verticales las cotas de los puntos claves del ángulo **B**: los vértices y, por obtener más precisión, los puntos medios de las dovelas.

Una vez obtenida la *cimbria* se traza un rectángulo envolvente alrededor de cada dovela, lo que nos da la plantilla de testa del sólido capaz de la dovela. Aparece así la primera diferencia importante con el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*, pues allí las plantillas de testa se tomaban sobre el arco **B** que es la proyección plana del arco de testa y no sobre su *cimbria*, o desarrollo. El método que vemos aquí es más eficaz, pues permite utilizar la plantilla de testa directamente para labrar la envolvente de la dovela.

A continuación se trazan las juntas de intradós, que aquí también difieren de las obtenidas en el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*, porque no son perpendiculares a la testa **AA** como en Eibar, sino que siguen el abocinamiento del hueco, e incluso lo exageran, pues el dovelaje

¹³⁷ V. p. 27 del Tomo II.

Figura 257. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 196.

Capialzado viaje por testa en vuelta de horno por testa

se reparte en la testa adintelada como en otras ocasiones, dividiendo su longitud en cinco partes, mientras que en la testa curva también se divide en cinco partes la arista inferior de la dovela, lo que determina longitudes diferentes al intersectar con *D*, cuya excentricidad también coopera para obtener un resultado completamente irregular.

También la construcción de las *plantas por lecho* es diferente de las del *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa* por dos razones; aquéllas eran unas *plantas* peculiares, que no representaban una u otra de las caras del sólido capaz, sino su sección por un plano vertical y perpendicular a la testa adintelada. En cambio aquí sí van a representar las caras laterales del sólido capaz, pues *las cuales dichas plantas por lechos las sacaras con el largo que tuvieren las juntas en la planta*.

Además el trazado es bien diferente, porque allí la circunferencia *C*, que es la planta de la bóveda de horno a la altura de las impostas, se tomaba también como alzado, por economía de operaciones. Hacer lo mismo aquí hubiera sido complicado, pues sería necesario hallar el punto de *D* cuya tangente es paralela a *A A*, lo que en lugar de simplificar complicaría el trazado; por tanto se opta sin más por construir la sección *E* de la bóveda independientemente de su planta *D*. Las implicaciones de este proceder son curiosas. La circunferencia *E*, que se traza con el *cintrél* o radio de *D*, vale como sección de la superficie pseudoesférica por los planos verticales que pasan por las juntas de intradós, que forman ángulos arbitrarios con respecto a *D*; por tanto la superficie pseudoesférica es una superficie generada por una circunferencia que se desplaza manteniéndose tangente a otra, pero aquí no se cumple la condición de que la circunferencia se mantenga en planos verticales perpendiculares al de la testa adintelada, como en el *Arco en vuelta de horno por testa* y en el *capialzado anterior*, sino que va bailando de forma anárquica.

Una vez construido el arco *E*, para obtener la *planta por lecho* del sólido capaz tomaremos de *B* la cota del extremo inferior de la *tirantez* y trazaremos una paralela a *3 4* que diste de ella esa longitud; donde esta recta intersecte a *E*, estará el punto 2, imagen abatida del extremo inferior de la *tirantez*. Del mismo modo, tomando del alzado la diferencia de cotas entre los extremos inferior y superior de la *tirantez* y trazando una paralela a *3 4* que diste de 2 una longitud igual a dicha diferencia de cotas, tendremos donde intersecte a *E* el otro vértice 1 de la *planta por lecho*. Como decíamos antes, el arco *E* vale como sección de la superficie de intradós por el plano vertical que pasa por la junta de intradós; este plano es precisamente el de la *planta por lecho*, pues lo que estamos obteniendo es

la plantilla del sólido capaz y no de la pieza definitiva. Por tanto no será necesario obtener un punto intermedio entre 1 y 2, pues el arco determinado en E por 1 y 2 es el que nos dará la curvatura de la testa. Al contrario de lo que sucedía en otras ocasiones, la testa adintelada y el trasdós se obtienen correctamente, pues el punto 5 original está en la recta intersección del plano vertical que pasa por la charnela y del plano, también vertical, de la testa adintelada. Como aquí la charnela no es perpendicular al plano de la testa adintelada, y el punto 5 original no está en la charnela, en el abatimiento ha de moverse en un plano perpendicular a la charnela y por tanto 4 5 será perpendicular a 3 4; conociendo la longitud 4 5, podemos situar 5 y uniéndolo a 1 cerrar el trasdós.

Las *plantas por cara* se trazan, como en otros capialzados, abatiendo con eje en la línea que separa el *batiente* de la superficie de intradós. Para obtener la *planta H* podemos situar el punto a tomando la longitud c a de la *planta por lecho* correspondiente, y no de su simétrica, pues este capialzado es asimétrico; a estará en la prolongación de la vertical bajada desde el extremo inferior de la *tirantez* correspondiente y a una distancia de c igual a la longitud de la junta de intradós que tomamos de la *planta por lecho*. Como en el capialzado interior, para trazar la testa de la *planta por cara* Aranda considera que las secciones de la superficie pseudoesférica por planos horizontales son iguales, cosa que aquí es muy discutible porque como decíamos antes, el plano de las generatrices cambia de orientación aleatoriamente, y traza a b con el *cintrel* o radio de D; como la condición no es suficiente para determinar el arco, añade *galgando las testas con la vuelta de horno D* lo que ha de interpretarse como que las distancias de a y b a C deben ser iguales.

Al contrario del capialzado anterior, Aranda no expone con detalle la labra, sino que nos dice que

las piezas de este dicho capialzado se han de labrar primero de cuadrado con las plantas por lechos y por caras y después se han de robar con los robos que causaren los cuadrados de los bolsos en el arco extendido C como se hizo en el dicho capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa

Pero el procedimiento no puede ser exactamente el mismo que el empleado en la *traza* anterior, entre otras razones porque se utiliza el *arco extendido C*. Se comienza desbastando un plano en un bloque y marcando sobre él la *planta por cara*, cuidando de señalar los puntos c y d que definen el *batiente*; a continuación se ha de *labrar de cuadrado*, es decir, obtener los planos verticales que limitan la pieza lateralmente, que son perpendiculares al plano en el que hemos marcado la *cara*. Sobre estos planos verticales, que

aquí no son perpendiculares al plano de la testa adintelada, marcaremos las *plantas por lecho*; pero al contrario de lo que sucedía en el «corte» anterior, aquí sí tenemos dos *plantas por lecho*, una para cada una de las caras laterales del sólido capaz, con lo que no es necesario reutilizar una misma plantilla desplazándola como parece que se hacía en el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*. Después marcaríamos las testas, para lo cual podemos utilizar si queremos una plantilla de testa tomada del arco *extendido C* y aplicarla directamente sobre la pieza, al contrario de lo que sucedía en la traza anterior. Una vez marcadas así las testas y los planos laterales quitaríamos material por debajo y por encima del bloque para materializar los dos cuadriláteros definidos cada uno por una arista de una testa, una de una *planta por lecho*, una de la otra testa y otra del otro plano lateral.

Con esto tenemos el sólido capaz, pero aún queda dar forma definitiva a la dovela, para lo que se ha de seguir la técnica expuesta en la *difinition* primera de esta segunda parte, llevando tiradas de los vértices de una testa a los de la otra a partir de las cuales quitaremos cuatro cuñas, dos por los lechos, una por el intradós y otra por el trasdós.

Capialzado viaje por cara en vuelta de horno por testa

Para trazar este dicho capialzado viaje por cara en vuelta de horno por testa le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y asimismo formarás el arco **B** que sirve de juzgo para formar el arco extendido **C** el cual dicho arco **C** sirve de testa para el lado en vuelta de horno de la planta **D** y el dicho arco **C** se ha de extender con el alto que tuvieren los plomos en el arco **B** y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en la circunferencia de la vuelta de horno **D** como se hizo en la cuarta difinition de la primera parte figura **V** y a este dicho arco entrarás los bolsores en cuadrado para haberlos de robar como se hizo en la primera difinition de esta segunda parte figura **A** y las plantas por lechos las sacarás con el largo de las juntas de la planta y con el alto de sus capialzos echados en la vuelta de horno **D** como se hizo en el capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa a **193** planas de este libro como parece en la planta por lecho **E** que está entre los ángulos **1 2 3 4 5** que se sacó para la junta **F** y las plantas por caras las sacarás echando a cada una el largo de la cara de la planta por lecho de la junta

más baja de la dicha pieza en su junta galgando las testas con la vuelta de horno **D** como se hizo en el dicho capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa como parece en la planta por cara **G** que está entre los ángulos **a b c d** y las piezas de este dicho capialzado se han de labrar primero de cuadrado con las plantas por lechos y por caras y después se han de robar con los robos que causaren los cuadrados de los bolsos en el arco extendido **C** como se hizo en el dicho capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa

Aquí tenemos una nueva variante del *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*¹³⁸ en el que las dos testas, una adintelada y otra en arco están desplazadas una respecto de la otra [258]. El centro de la circunferencia que sirve de directriz de la superficie de testa está en el plano de simetría de la testa en arco, pero no en el de la plana.

Como en las *trazas* anteriores, la labra se aborda en parte *por robos*, en parte *por plantas*. En primer lugar se obtiene *por plantas* una envolvente aproximadamente adaptada a la forma de la dovela que después se labrará *por robos* para darle su configuración definitiva. Pero en el proceso iremos mezclando algunas soluciones de los dos «cortes» anteriores, unas del *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa* y otras del *Capialzado viaje por testa en vuelta de horno por testa*.

La traza comienza, como siempre, construyendo la planta del hueco con el arco de circunferencia **D**, que representa la sección de la superficie pseudoesférica por el plano de impostas, las dos jambas y el *batiente*; a continuación se levanta el arco escarzano **B** del alzado. Seguidamente se emprende la construcción de una *cimbria* como en el *Capialzado viaje por testa en vuelta de horno por testa*, bajando verticales desde **B** hasta intersectar con **D**, tomando las distancias entre estas verticales y llevándolas sobre una línea auxiliar, levantando de nuevo verticales desde los puntos así obtenidos en la línea auxiliar y llevando sobre estas verticales las cotas de los puntos claves del ángulo **B**: los vértices y los puntos medios de las dovelas.

Una vez obtenida la *cimbria* trazaremos en ella, y no en el arco **B** como hacíamos en el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*, un rectángulo envolvente alrededor de cada dovela, lo que nos da la plantilla de testa del sólido capaz del *bolsor*. A continuación se trazan las juntas de

¹³⁸ V. p. 141.

Figura 258. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 198.

Capialzado viaje por cara en vuelta de horno por testa

intradós, siguiendo también el método del *Capialzado viaje por testa en vuelta de horno por testa*, consistente en repartir el dovelaje en la testa adintelada dividiendo su longitud en cinco partes, mientras que en la testa curva también se divide en cinco partes el intradós del arco, lo que determina longitudes diferentes al intersectar con D.

Las *plantas por lecho*, como en el *Capialzado viaje por testa en vuelta de horno por testa*, representan las caras laterales del sólido capaz, dispuestas en planos verticales oblicuos a las testas. En cambio se utiliza el artificio que apareció en el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*, consistente en identificar la circunferencia D, que representa la planta de la superficie de testa a nivel del plano de impostas, con su sección por el plano de simetría del arco B. Esto se puede hacer porque el centro de D está en el plano de simetría de la testa curva y por tanto, la tangente a D por su intersección con el plano de simetría es perpendicular a dicho plano; podemos así tomar la intersección del cilindro del paramento con el plano de impostas como representación del plano de impostas en la sección. Todo esto nos permite disponer de una sección de la superficie de testa rápidamente sin las dificultades que desaconsejaban esta operación en el *Capialzado viaje por testa en vuelta de horno por testa*. Pero aquí como allí la circunferencia D vale como sección de la superficie pseudoesférica por los planos verticales que pasan por las juntas de intradós; ahora bien, aquí el ángulo de dichos planos con D va variando en función del reparto del dovelaje en B y en la testa adintelada, sin que el resultado se someta aparentemente a ley alguna; la superficie pseudoesférica es una superficie generada por una circunferencia que se desplaza manteniéndose tangente a otra, pero la circunferencia generatriz no se mantiene en planos verticales perpendiculares al de la testa adintelada, como sucedía en otras figuras *en vuelta de horno por testa* sino que va girando de forma arbitraria.

En cualquier caso, para obtener la *planta por lecho* del sólido capaz tomaremos de B la cota del extremo inferior de la *tirantez* y trazaremos una paralela a 4 5 que diste de ella esa longitud; donde esta recta intersecte a D, estará el punto 1, que representa el extremo inferior de la *tirantez*. Del mismo modo, tomando del alzado la diferencia de cotas entre los extremos inferior y superior de la *tirantez* y trazando una paralela a 4 5 que diste de 1 una longitud igual a dicha diferencia de cotas, tendremos el punto donde intersecta a E el otro vértice 1 de la *planta por lecho*. Dado que D vale como sección de la superficie de traslación por el plano de la *planta por lecho*, no será necesario obtener un punto intermedio entre 1 y 2, ya que el arco determinado en D por 1 y 2 es el que nos dará la curvatura de la testa. La

testa adintelada y el trasdós se obtienen sin más que trazar una perpendicular a 4 5 que pase por 4 y tomar sobre ella el canto que queramos darle al dintel, pues 4 3 es una recta vertical que una vez abatida queda perpendicular a la charnela; sólo quedará unir 3 con 2 para cerrar la *planta por lecho*.

Las *plantas por cara* se trazan, una vez más, abatiendo con eje en la línea que separa el *batiente* de la superficie de intradós. Para obtener G podemos situar el punto b tomando la longitud c b de la *planta por lecho* correspondiente, y no de su simétrica, pues este capialzado no lo es; a estará en la vertical bajada desde el extremo inferior de su *tirantez* correspondiente y a una distancia de c igual a la longitud de la junta de intradós que tomamos de la *planta por lecho*. Como en las *trazas* anteriores, Aranda considera que las secciones de la superficie de traslación por planos horizontales son iguales, lo que aquí no es exacto porque el plano de las generatrices cambia de orientación aleatoriamente pero es una buena aproximación, y traza a b con el *cintrel* o radio de D y *galgando las testas con la vuelta de horno D*.

La labra se expone de manera general, sin entrar en detalles, por considerarla variante del *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*. Pero es necesario tener en cuenta algunas diferencias. Se da comienzo a la labra desbastando un plano en un bloque y marcando sobre él la *planta por cara*, cuidando de señalar los puntos c y d que definen el *batiente*; después se ha de *labrar de cuadrado*, es decir, obtener los planos verticales que limitan la pieza lateralmente perpendiculares al plano en el que hemos marcado la *cara*. Sobre estos planos verticales marcaremos las *plantas por lecho*, que esta vez son dos diferentes para cada dovela y no representan la sección por un plano intermedio, sino las verdaderas caras laterales, por lo que no es necesario reutilizar una misma plantilla desplazándola como probablemente se hacía en el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*. Después marcaríamos las testas, utilizando si nos conviene una plantilla de testa tomada del arco *extendido C* y a continuación quitaríamos material por debajo y por encima del bloque para enlazar las aristas superiores e inferiores de las *plantas por cara y por lecho*.

Con esto hemos obtenido el sólido capaz, pero aún nos falta dar forma definitiva a la dovela, para lo que se ha de seguir el procedimiento de la *definición* primera de esta segunda parte, llevando tiradas de los vértices de una testa a los de la otra a partir de las cuales quitaremos cuatro cuñas, dos por los lechos, uno por el intradós y otro por el trasdós.

Capialzado cuadrado avanzado por testa

Para trazar este dicho capialzado cuadrado avanzado por testa le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y asimismo formarás el arco **B** que sirve de testa para el lado avanzado de la planta **C** y a este dicho arco **B** le entrarás los bolsores en cuadrado para haberlos de robar como se hizo en la primera difinition de esta segunda parte figura **A** y la circunferencia **D** es la vuelta que ha de tener la bóveda en que se ha de hacer el dicho capialzado esta sirve de juzgo para sacar las plantas por lechos las cuales dichas plantas por lechos se han de sacar de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **E** tomarás en la planta el largo de la junta **F** desde el punto 1 al punto 2 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 3 y con la otra tocarás en el punto 4 y después tomarás lo que capialza la dicha junta desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño echarás en la vuelta de la bóveda **D** desde el punto 3 al punto 7 y a este dicho punto 7 tirarás la cara de la dicha planta por lecho **E** desde el punto 4 después tomarás el alto del cuadrado de su bolsor desde el punto 8 al punto 9 y este tamaño echarás en la vuelta de la bóveda **D** desde el punto 7 al punto 10 y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por lecho como parece entre los ángulos 4 7 10 11 12 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas de cuadrado antes que se roben las piezas y las plantas por caras se han de sacar de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara **G** tomarás el largo de la planta por lecho **E** desde el punto 4 al punto 7 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto **a** y con la otra tocarás en el punto **b** y por este dicho punto **b** tirarás la testa de la dicha planta por cara galgada con el lado de la planta **C** que vaya a tocar a los dos plomos que bajaron del cuadrado de su bolsor que son los puntos **c d** y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por cara como parece entre los ángulos **c d e f** y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas de cuadrado antes que se roben las piezas y las piezas de este dicho capialzado se han de labrar primero de cuadrado con la forma que tuvieren sus plantas por lechos y por

caras y después se han de robar con los robos que causaren los cuadrados en los bolsos del arco **B**

El primer problema que plantea esta *traza* [259] es el de su situación en el manuscrito. Los arcos y capialzados *en vuelta de horno* son en principio más complejos que los *avanzados* pues a la dificultad derivada de abrirse en una bóveda añaden la curvatura del paramento. Así, los arcos *en vuelta de horno* se disponen a continuación de los *avanzados*.¹³⁹ En cambio en los capialzados pasa lo contrario: los *avanzados* van detrás de los *en vuelta de horno*. Podría pensarse que al realizar la copia se ha alterado el orden de las *trazas* como ya hemos propuesto en dos ocasiones.¹⁴⁰ Pero aquí no aparecen los signos que en los otros casos reforzaban la hipótesis: no podemos apoyarnos ni en la extensión de las *trazas* ni en la riqueza de la nomenclatura. Cabe otra explicación. En el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa* se aprovechaba la línea de impostas de la *vuelta de horno* como sección; en cambio, aquí no se puede hacer tal cosa, porque la línea de impostas es recta y la sección curva. Para nosotros la *vuelta de horno* es más compleja; pero el capialzado *avanzado*, que requiere una línea más, debía de parecer más dificultoso a aquellos hombres *asidos a la materia*.

Por lo demás, el procedimiento guarda analogías con el seguido en el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*. Como aquél, se labra mitad *por plantas*, mitad *por robos*; ante la forma compleja de la dovela, se obtiene primero con ayuda de plantillas una envolvente a partir de la cual el cantero se va acercando a la forma definitiva gradualmente *por robos*.

La *traza* comienza, como tantas veces, construyendo la planta del hueco con dos paramentos paralelos, dos jambas convergentes como en la gran mayoría de los capialzados y el *batiente*; a continuación se levanta el arco **B** del alzado, representado como escarzano aunque nada impide que sea de medio punto y se inscribe cada dovela en un rectángulo de lados perpendiculares y paralelos al plano de impostas. No se representa la *cimbria* ni se hace referencia a ella en el texto, como tampoco se construía en el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*. Pero al contrario que en aquél, las juntas de intradós no son perpendiculares al plano de la testa adintelada, ya que se trazan por el método del *Capialzado viaje por testa en vuelta de horno por testa*, consistente en repartir el dovelaje en la testa adintelada dividiendo su longitud en cinco partes, mientras que en la testa

¹³⁹ V. pp. 142-174 del Tomo II.

¹⁴⁰ V. pp. 154 y 240 del Tomo II.

Capialzado cuadrado avanzado por testa

curva también se divide en cinco partes el intradós del arco, lo que determina longitudes diferentes al intersectar con D.

A continuación se emprende la construcción de las *plantas por lecho*, que representan las caras del sólido capaz, dispuestas en un plano vertical que pasa por la junta de intradós; se obtienen abatiendo con charnela en la intersección de ese plano con el de impostas y se disponen sobre el eje de simetría de la planta. Aquí no tenemos una circunferencia lista para aprovecharla como sección, al contrario de lo que ocurría en el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*, por lo que Aranda la traza ex profeso. El problema es que la circunferencia que se traza es *la vuelta de la bóveda* sin más, y no su sección por el plano de la junta de intradós, que es oblicuo; Aranda no tiene en cuenta que las secciones de la bóveda por planos oblicuos a la línea de impostas son elipses, ni siquiera que tendrán distintas curvaturas. Algo parecido sucedía en el *Arco avanzado en viaje por testa en bóveda*.¹⁴¹

Para abatir la *planta por lecho* tomaremos en primer lugar de la planta la distancia 1 2 y la llevaremos sobre el eje de simetría a partir de 3 para obtener 4. A continuación tomaremos en el alzado B la cota 5 6 del lado inferior de la envolvente de la dovela y trazaremos una paralela a 3 4 que diste de ella una longitud igual a 5 6, que representará la recta de punta que pasa por 6; donde esta recta intersecte a la sección de la bóveda D, estará el punto 7, imagen abatida de 6. De la misma manera, tomando del alzado la altura 8 9 podemos obtener el punto 10, que corresponde al lado superior de la envolvente.

Aquí se plantea un problema: si leemos literalmente la frase *tomarás el alto del cuadrado de su bolsor desde el punto 8 al punto 9 y este tamaño echarás en la vuelta de la bóveda D desde el punto 7 al punto 10* entenderíamos que Aranda nos propone trazar un arco con centro en 7 y radio 8 9 cuya intersección con D nos daría el punto 10, máxime cuando en el dibujo no aparece paralela a 4 3, ni tampoco una perpendicular sobre la cual podamos medir la distancia 8 9. Pero comparando este procedimiento con el del *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa* vemos que allí nos advierte que *este tamaño echarás de cuadrado desde el punto 11 al punto 12* y sí aparece la perpendicular al eje de simetría; en cambio en el *Capialzado viaje por testa en vuelta de horno por testa* y el *Capialzado viaje por cara en vuelta de horno por testa* no aparecen en el dibujo las perpendiculares y paralelas,

¹⁴¹ V. p. 148 del Tomo II.

mientras que el texto remite al *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*. Por tanto, parece que en la primera traza del grupo, el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*, se explica detenidamente el procedimiento correcto, dejando bien claro en el texto y en el dibujo que la altura de la envolvente se ha de llevar a la plantilla de lecho *de cuadrado*, esto es, ortogonalmente y no a lo largo de la sección de la bóveda. En cambio, en los otros dos capialzados *en vuelta de horno* y en el «corte» que estamos analizando esto se da por sabido y no se explica en el texto ni se representa en el dibujo «por no entoscar la traza».

Las *plantas por cara* se obtienen, como tantas veces, abatiendo con charnela en la línea que separa el *batiente* de la superficie de intradós. Así, para obtener la *planta G* podemos situar el punto **b**, imagen abatida del punto **6**, que estará en la prolongación de la vertical bajada desde dicho punto, y a una distancia de **a** igual a la longitud de la junta de intradós **4 7** que tomamos de la *planta por lecho* correspondiente. Como la *planta por cara* no es la de la dovela sino la de su envolvente, el lado **c d** será un segmento horizontal que en el abatimiento se transforma en un segmento paralelo a la charnela. Por tanto, podemos obtenerlo sin más que trazar una paralela a la charnela que pase por el abatimiento de **b** y obtener los puntos **c** y **d** en las intersecciones con las verticales que bajan de los extremos de la envolvente.

La pieza se ha de labrar de modo similar al *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*. Se da comienzo a la labra desbastando un plano en un bloque y marcando sobre él la *planta por cara*, cuidando de señalar los puntos **c** y **d** que definen el *batiente*; después se ha de *labrar de cuadrado*, es decir, obtener los planos verticales que limitan la pieza por los dos lados con ayuda de una escuadra que apoya en la cara de intradós en la que acabamos de marcar la *cara*. Sobre los planos verticales así obtenidos señalaremos las *plantas por lecho*, y después trazaremos las testas, utilizando si nos conviene una plantilla tomada de **B**. A continuación quitaríamos material por debajo y por encima del bloque enlazando las aristas superiores e inferiores de las *plantas por cara* y *por lecho*. Con esto hemos obtenido el sólido capaz, pero aún falta dar a la dovela su forma definitiva, por el método de la *difinition* primera de esta segunda parte, llevando tiradas de los vértices de una testa a los de la otra a partir de las cuales *robaremos* cuatro cuñas, dos por los lechos, uno por el intradós y otro por el trasdós.

Capialzado viaje por testa avanzado por testa

Para trazar este dicho capialzado viaje por testa y avanzado por testa le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y asimismo formarás el arco **B** que sirve de testa para el lado en viaje de la planta **C** y a este dicho arco **B** le entrarás los bolsores en cuadrado para haberlos de robar y la circunferencia **D** es la vuelta de la bóveda en que se ha de hacer el dicho capialzado que sirve de juzgo para sacar las plantas por lechos las cuales dichas plantas por lechos se han de sacar con el largo que tuvieren las juntas en la planta y con el alto de los capialzos echados en la circunferencia **D** como se hizo en el capialzado cuadrado avanzado por testa a 199 planas de este libro como parece la planta por lecho **E** que esta entre los ángulos 10 7 4 11 12 que se sacó para la junta **F** y las plantas por caras se han de sacar de cada una con el largo de la cara de la planta por lecho de su junta más baja galgando las testas con el lado de la planta **C** como se hizo en el dicho capialzado cuadrado avanzado por testa como parece la planta por cara **G** que esta entre los ángulos **a b c d** después de labradas las dichas piezas de cuadrado con la forma que tuvieren las plantas por lechos y por caras las robarás con los robos que causaren los cuadrados de los bolsores del arco **B**

Esta *traza* es una variante del capialzado anterior en la que la imposta de la bóveda no es paralela al plano de la testa adintelada [260]. El procedimiento de traza y labra es el mismo: dada la forma compleja de la dovela, se obtiene primero una envolvente *por plantas* a partir de la cual damos a la pieza su forma definitiva *por robos*.

La traza comienza, como siempre, construyendo la planta del hueco con dos paramentos convergentes, dos jambas también convergentes como en casi todos los capialzados y el *batiente*; después se construye el arco **B** del alzado, representado aquí como escarzano aunque bien podría ser de medio punto, y se inscribe cada dovela en una envolvente rectangular de lados perpendiculares y paralelos al plano de impostas. Tampoco aquí se construye la *cimbria*, al contrario de lo que sucedía en el *Capialzado en vuelta de horno por testa viaje por testa*. Las juntas de intradós si se obtienen por el mismo método, repartiendo el dovelaje en la testa adintelada en cinco partes, mientras que en la testa curva también se divide en cinco partes el intradós del arco, lo que determina longitudes diferentes al intersectar con **C**.

Como en el caso anterior, las *plantas por lecho* representan las caras del sólido capaz, situadas en un plano vertical que pasa por la junta de intradós; se construyen abatiendo con eje en la intersección de ese plano con el de impostas, apoyándose por conveniencia en el eje de simetría de las jambas. A continuación se traza una circunferencia que representa la sección de la bóveda por estos planos verticales; como en el caso anterior, esta circunferencia vale para cualquier plano de junta de intradós, sea cual sea el ángulo que forma con C; Aranda no tiene en cuenta que las secciones de la bóveda por planos oblicuos son elipses, ni tampoco que tendrán distintas curvaturas.

Para construir la *planta por lecho* tomaremos de la planta la longitud de la junta de intradós y la llevaremos sobre el eje de simetría 3 4 a partir de su encuentro con C para obtener 3. A continuación tomaremos en el alzado la cota del lado inferior de la envolvente de la dovela y trazaremos una paralela a 3 4 que diste de ella una longitud igual a la cota del lado inferior; donde esta recta intersecte a la sección de la bóveda D, estará el punto 2, imagen abatida del lado inferior de la envolvente. De la misma manera, tomando del alzado la altura de la envolvente de la pieza podemos obtener el punto 1, que corresponde al lado superior de esta envolvente. Hecho esto, sólo queda trazar una perpendicular a 3 4 que pase por 4 y tomar sobre ella el canto de la testa adintelada, aprovechando que lo que estamos abatiendo es la sección por un plano vertical.

Las *plantas por cara* se obtienen, como en otras ocasiones, abatiendo con eje en la línea que separa el *batiente* de la superficie de intradós. Así, para obtener la *planta G* podemos situar el punto a, que estará en la prolongación de la vertical bajada desde el punto que se trata de abatir, y a una distancia de c igual a la longitud de la junta de intradós 3 2. Para construir el segmento a b Aranda traza sin más una paralela a C: *las plantas por caras se han de sacar [...] galgando las testas con el lado de la planta C como se hizo en el dicho capialzado cuadrado avanzado por testa*; pero lo que era correcto en el *Capialzado cuadrado avanzado por testa* no lo es aquí, porque la línea a abatir no es paralela a la charnela, y nada asegura que su abatimiento sea paralelo a su proyección horizontal.

La pieza se ha de labrar por la regla expuesta en el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*. Se inicia la labra desbastando un plano en un bloque y marcando sobre él la *planta por cara*, cuidando de señalar los puntos c y d que definen el *batiente*; después se ha de *labrar de cuadrado*, es decir, obtener los planos verticales que limitan la pieza lateralmente perpendiculares al plano en el que hemos marcado la *cara*. Sobre estos

Figura 260. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 202.

Capialzado viaje por testa avanzado por testa

planos verticales marcaremos las *plantas por lecho*, para marcar después las testas, tras lo cual quitaríamos material por debajo y por encima del bloque hasta unir las aristas superiores e inferiores de las *plantas por cara y por lecho*. Para dar a la dovela su forma definitiva, llevaremos tiradas de los vértices de una testa a los de la otra a partir de las cuales *robaremos* cuatro cuñas, dos por los lechos, una por el intradós y otra por el trasdós.

Capialzado viaje por cara avanzado por testa

Para trazar este dicho capialzado viaje por cara avanzado por testa le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y le formarás el arco **B** que sirve de testa para el lado de la planta **C** y este dicho arco **B** le entrarás los bolsos en cuadrado para haberlos de robar y la circunferencia **D** es la vuelta de la bóveda en que se ha de hacer el dicho capialzado que sirve de juzgo para sacar las plantas por lechos las cuales dichas plantas por lechos se han de sacar con el largo que tuvieren las juntas en la planta y con el alto de los capialzos echados en la circunferencia **D** como se hizo en el capialzado cuadrado avanzado por testa a 199 planas de este libro como parece en la planta por lecho **E** que está entre los ángulos 1 2 3 4 5 que se sacó para la junta **F** y las plantas por caras se ha de sacar cada una con el largo de la cara de la planta por lecho de su junta más baja galgando las testas con el lado de la planta **C** como se hizo en el dicho en el dicho capialzado cuadrado avanzado por testa como parece en la planta por cara **G** que está entre los ángulos **a b c d** y primeramente se han de labrar las piezas de este dicho capialzado con la forma que tuvieren sus dichas plantas por caras y por lechos y después las robarás con los robos que causaren los cuadrados de los bolsos del arco **B**

Esta *traza* es una nueva variante del *Capialzado cuadrado avanzado por testa* en la que la imposta de la bóveda en la que se abre la testa en arco es paralela al plano de la testa adintelada; pero los ejes de las testas están desplazados entre sí [261]. En realidad, la única diferencia significativa respecto al *Capialzado cuadrado avanzado por testa* es que la *traza* que estamos estudiando no es simétrica, mientras que aquél sí lo era. El procedimiento de traza y labra es una vez más, el mismo: se obtiene

primero una envolvente *por plantas* a partir de la cual daremos a la pieza su forma definitiva *por robos*.

La traza comienza, como siempre, construyendo la planta del hueco con dos paramentos paralelos, dos jambas convergentes y el *batiente*; después se construye el arco **B** del alzado, y se inscribe cada dovela en un rectángulo de lados perpendiculares y paralelos al plano de impostas. Las juntas de intradós se obtienen por el mismo método de otras ocasiones, repartiendo el dovelaje en la testa adintelada en cinco partes, mientras que en la testa curva también se divide en cinco partes el intradós del arco, lo que determina longitudes diferentes al intersectar con la imposta **C**. Las *plantas por lecho* representan las caras del sólido capaz, contenidas en planos verticales que pasan por la junta de intradós, y se han de construir abatiendo con eje en la intersección de ese plano con el de impostas. Para simplificar el trazado Aranda las apoya en la recta perpendicular a las testas que pasa por el eje del arco; el siguiente paso es trazar una circunferencia que representa la sección de la bóveda por los planos verticales que pasan por las juntas de intradós; como en otros casos, la misma circunferencia se utiliza para todas las juntas de intradós, cualquiera que sea el ángulo que forma con **C**; Aranda no percibe que las secciones de la bóveda por planos oblicuos son elipses; ni siquiera intenta aproximarlas por arcos de círculo de distintas curvaturas.

Para obtener la *planta por lecho* tomaremos de la planta la longitud de la junta de intradós y la llevaremos sobre el eje de simetría **3 4** a partir de su encuentro con **C** para obtener **3**. A continuación tomaremos en el alzado la cota del lado inferior de la envolvente de la dovela y trazaremos una paralela a **3 4** que diste de ella una longitud igual a la cota del lado inferior; donde esta recta intersecte a la sección de la bóveda **D**, estará el punto **2**, imagen abatida del lado inferior de la envolvente. De la misma manera, tomando del alzado la altura de la envolvente de la pieza podemos obtener el punto **1**, que corresponde al lado superior de esta envolvente. Hecho esto, sólo queda trazar una perpendicular a **3 4** que pase por **4** y tomar sobre ella el canto de la testa adintelada, aprovechando que esta *planta por lecho* peculiar está contenida en un plano vertical.

Las *plantas por cara* se obtienen, como en tantas otras *trazas*, abatiendo con eje en la línea que separa el *batiente* de la superficie de intradós. Así, para obtener la *planta G* podemos situar el punto **a**, que estará en la prolongación de la vertical bajada desde el punto que se trata de abatir, y a una distancia de **c** igual a la longitud de la junta de intradós correspondiente. Para construir el segmento **a b** Aranda traza una paralela a

Figura 261. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 204.

Capialzado viaje por cara avanzado por testa

C, como se hacía en el *Capialzado viaje por testa avanzado por testa*; esta construcción, que no era exacta en la *traza* anterior, aquí sí lo es, pues al ser **a b** paralela a la charnela, también lo será su abatimiento.

La pieza se ha de labrar por el método introducido en el *Capialzado cuadrado en vuelta de horno por testa*. Se inicia la labra desbastando un plano en un bloque y marcando sobre él la *planta por cara*, cuidando de señalar los puntos **c** y **d** que definen el *batiente*; después se ha de *labrar de cuadrado*, es decir, obtener los planos verticales que limitan la pieza lateralmente y son perpendiculares al plano en el que hemos marcado la *cara*. Sobre estos planos verticales marcaremos las *plantas por lecho*, para trazar después las testas, tras lo cual quitaríamos material por debajo y por encima del bloque hasta unir las aristas superiores e inferiores de las *plantas por cara* y *por lecho*. Para dar a la dovela su forma definitiva, llevaremos tiradas de los vértices de una testa a los de la otra a partir de las cuales *robaremos* cuatro cuñas, dos por los lechos, una por el intradós y otra por el trasdós.

Capialzado por rincón para una puerta por esquina

Para trazar este dicho capialzado por rincón le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y asimismo formarás el arco **B** que sirve de juzgo para sacar la circunferencia extendida **C** la cual dicha circunferencia se ha de extender con el alto que tuvieren los plomos en el arco **B** y con las distancias que hubiere de unos plomos a otros en el lado de la planta **D** como se hizo en la cuarta difinition de la primera parte figura 13 y la dicha circunferencia **C** sirve de testa para el lado de la planta **D** y para sacar las plantas por lechos de las piezas de este dicho capialzado las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho **E** tirarás una línea en blanco (**cruz**) desde el punto 1 al punto 2 que tenga de largo lo que capialzare su junta desde el punto 1 al punto 3 y la dicha línea en blanco (**cruz**) ha de hacer ángulo recto con la junta de la planta 4 y al dicho punto 2 tirarás la cara de la dicha planta por lecho **E** desde el punto 5 después pondrás la una punta del compás en el punto 5 y con la otra tocarás en el punto 6 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 7 y con la otra tocarás en el punto 8 y teniendo fija la una punta del compás en el dicho punto 8 abrirás el dicho compás que vaya a tocar con la otra

punta al punto 9 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 5 y con la otra circundarás el pedazo de círculo en blanco 10 después tomarás lo que tuviere su junta en el arco B desde el punto 9 al punto 11 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto 2 y con la otra tocarás en el pedazo de círculo en blanco 10 en el punto 12 y a este dicho punto 12 tirarás la testa de la dicha planta por lecho desde el dicho punto 2 y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por lecho E como parece entre los ángulos 5 2 12 13 14 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo y las plantas por caras se han de sacar de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara F tomarás el largo de la cara de la planta por lecho E desde el punto 2 al punto 5 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto a y con la otra tocarás en el punto b después tomarás el largo de la cara de la planta por lecho G desde el punto c al punto d y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto e y con la otra circundarás el pedazo de círculo en blanco f después tomarás el ancho de su bolsor en la circunferencia extendida C desde el punto g al punto 3 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto b y con la otra tocarás en el pedazo de círculo f en el punto h y a este dicho punto h tirarás la testa de la dicha planta por cara F desde el punto b y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por cara como parece entre los ángulos a b h e y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo y háse de advertir que la clave de este dicho capialzado ha de quedar después de labrada por la mitad de la cara desde la mitad hacia la testa que haga canal y la otra mitad de hacia el batiente que haga arista

Decíamos algo más arriba que muchos de los problemas que se abordaban en la primera parte del manuscrito, reservada a los arcos, vuelven aparecer en esta segunda, dedicada a los capialzados; no podían faltar los huecos *en esquina y rincón*. A las complicaciones propias de los *capialzados*, el abocinamiento y la diferencia de cotas entre las testas, se une la dificultad derivada de abrir un hueco en el encuentro de dos muros.

Capialzado por rincón para una puerta por esquina

La *traza* [262] se resuelve por procedimientos que derivan de los que aparecieron en el *Capialzado desquijado cuadrado*.¹⁴² En primer lugar se dibuja la planta del hueco, con el encuentro de dos muros, por lo general en ángulo recto y las jambas convergentes y simétricas respecto de la bisectriz de los paramentos. A continuación se traza el arco **B** de la testa *en rincón* como escarzano, aunque la construcción no sería diferente si fuera de medio punto, y se reparte el dovelaje dividiendo en partes iguales el intradós y trazando como en otras ocasiones las *tiranteces* a partir del centro del arco, inferior a la línea de impostas. En la testa *por esquina* también se reparte el dovelaje en partes iguales, pero con la particularidad de que en la clave lo que se computa es la distancia entre los dos puntos y no el desarrollo real del paramento. El método recuerda al empleado en el *Arco diagonal por esquina*¹⁴³ y, como allí, sólo puede ser resuelto por tanteos.

Seguidamente se construye la *cimbria* **C** de este arco **B**, por el procedimiento de la *definition* tercera de la primera parte del manuscrito.¹⁴⁴ Para ello se bajan verticales desde **B** hasta intersectar el paramento **D** y por estas intersecciones se levantan perpendiculares a la propia **D**, sobre las que se llevan las cotas de cada punto sobre el plano de impostas; uniendo estos puntos obtendremos el arco **C** que es el desarrollo o *cimbria* de **B**. Hacer esto equivale a proyectar el arco **B** sobre el paramento **D** y su simétrico según una dirección de proyección horizontal y paralela a su plano bisector.

Las *plantas por lecho* se obtienen por una sucesión de abatimientos, como en otros casos. En primer lugar, se abate el plano vertical que pasa por la arista inferior de una cara de lecho tomando como charnela la proyección horizontal de la arista; los puntos 5 14 del *batiente* están en la charnela del abatimiento y no se desplazan, mientras que el 2 se moverá sobre una perpendicular (**cruz**) a ésta y podemos construirlo tomando su cota de la *montea* o, si lo preferimos, de la *cimbria*, pues será igual a su distancia 1 3 a la línea de impostas.

Después hemos de obtener los puntos correspondientes al trasdós de la *planta por lecho*. Para obtener el 12 Aranda construye en verdadera magnitud la diagonal 5 12 de la cara de lecho, llevando la proyección horizontal de la diagonal sobre la línea de tierra a partir de la vertical que pasa por 11 para obtener el punto 8, lo que le permite formar un triángulo rectángulo que tiene por segundo cateto la diferencia de cotas entre los

¹⁴² V. p. 60.

¹⁴³ V. p. 227 del Tomo II.

¹⁴⁴ V. p. 22 del Tomo II.

extremos de la diagonal y cuya hipotenusa 8 11 será la verdadera magnitud de la diagonal. Después traza un arco 10 con centro en 5 y radio igual a la longitud de la diagonal y otro arco con centro en 3 y radio igual a la longitud de la *tirantez* 11 9; en la intersección de ambos radios estará el vértice 4 que buscamos.

Al contrario de lo que sucede en el *Capialzado desquijado cuadrado* y otras trazas de la familia, la construcción no es exacta porque 11 9 se deforma aumentando su longitud al ser proyectado sobre el paramento D y por tanto no representa la verdadera longitud de la *tirantez* real; la diferencia puede ser importante porque equivale a dividir por 2 la proyección horizontal de la tirantez.¹⁴⁵ Es posible que no se trate de un error por desconocimiento, sino de un efecto buscado de manera deliberada, para igualar la longitud de las *tiranteces* y con ellas el grosor de la rosca del arco, pues Aranda ha construido una *cimbria* que representa en verdadera magnitud el intradós; con poco esfuerzo más podría haber construido las *tiranteces* y tomado sus longitudes como va a hacer a renglón seguido en las *plantas por lecho*.

El segmento que une el primero y el quinto vértice, correspondiente a la *tirantez* de la testa adintelada, aparece en el dibujo sobre la línea AA como si fuera perpendicular al eje del capialzado, lo que también es inexacto, pues eso sucedería únicamente si el eje del abatimiento, que es la arista inferior de la cara de lecho, fuera perpendicular a la arista exterior del batiente, pero el abocinamiento del hueco impide que lo sea.

Para obtener las *plantas por cara*, se abate la junta de intradós a b no alrededor de la línea a e como podría pensarse, sino con charnela en una perpendicular al eje del capialzado; después de obtener así el punto b, que estará a una distancia de a tomada de la *planta por lecho* E, podemos medir la longitud de la testa en la *cimbria* C, trazar un arco de esa longitud con centro en b, tomar la longitud de la junta de intradós de la otra *planta por lecho* correspondiente a la dovela, y trazar un arco con ese radio y centro en e; donde se encuentren los dos arcos así trazados estará el cuarto vértice h de la *planta por cara*, que representa en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara de intradós de la dovela; pero no hay nada que nos asegure que pasa lo mismo con las diagonales.

¹⁴⁵ Si la rosca del arco B vale 1 y se divide en cinco dovelas, la *tirantez* de B vale lógicamente 1, pero la *tirantez* real, es decir la del arco proyectado sobre el paramento D, vale $\sqrt{(\sqrt{2} \times (\sin \pi/5))^2 + (\cos \pi/5)^2} = 1,1599$; despejando, la *tirantez* de B vale 0,8621 veces la real, y el error cometido es de más de un 13 %.

Encontramos soluciones análogas en el manuscrito 12.686 de la Biblioteca Nacional de Madrid, que aquí ofrece una *traza* fuera del repertorio del maestro de Sabiote, y en Portor y Castro [263], si bien el granadino traza una paralela a la testa inferior para construir el dintel con una precisión mayor que la que ha venido empleando Aranda en este elemento.¹⁴⁶

Puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de Arco

Para trazar esta dicha puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de arco le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos A y la distancia que hubiere entre las líneas B C es el dintel de la dicha puerta que sirve de testa para el lado de la planta D y la distancia que hubiere entre las líneas B E es el batidero de las puertas y la distancia que hubiere entre la línea E y la circunferencia F es lo que ha de capialzar el dicho capialzado y la distancia que hubiere entre las dos circunferencias F G es el arco del dicho capialzado que sirve de testa para el lado de la planta H y la distancia que hubiere en la planta entre las líneas D I es el diente del dicho dintel y la distancia que hubiere entre las líneas I L es el batiente del dicho capialzado y para sacar las plantas por lechos de las piezas de esta dicha puerta las sacarás de esta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho M que sirve para la junta N tirarás una línea en blanco desde el punto 1 al punto 2 que toque en el punto 3 que haga ángulo recto con el plomo 4 y tenga la dicha línea de largo desde el punto 1 al punto 2 lo que tuviere de largo su junta en el dintel desde el punto 5 al punto 6 y al dicho punto 2 tirarás la testa de la dicha planta por lecho que sirve para el dintel de la puerta desde el punto 7 después tomarás en la dicha junta N la distancia que hubiere desde el punto 5 al punto 8 y este tamaño galgarás de cuadrado en ángulo recto con el dicho plomo 4 y sacarás el batiente de la dicha planta por lecho desde el punto 9 al punto 10 después tomarás en la dicha junta N la distancia que hubiere desde el punto 5 al punto 11 y con este tamaño echarás una línea en blanco

¹⁴⁶ ANÓNIMO, *Manuscrito de cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 12.686, f. 19; Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de Arquitectura*, 1708, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9.114.

desde el punto 12 al punto 13 que toque en el punto 14 y haga ángulo recto con el plomo 4 y a el dicho punto 13 tirarás la cara de la dicha planta por lecho M desde el punto 10 después tomarás en la dicha junta N la distancia que hubiere desde el punto 5 al punto 15 y con este tamaño echarás una línea en blanco desde el punto 16 al punto 17 que toque en el punto 18 y haga ángulo recto con el dicho plomo 4 y al dicho punto 17 tirarás la testa de la dicha planta por lecho que ha de servir para el arco del capialzado desde el punto 13 y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por lecho como parece entre los ángulos 2 7 9 10 13 17 19 y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al justo y las plantas por caras se han de sacar de esta manera supongo que quieres sacar la planta por cara O tomarás el largo de la cara de la planta por lecho M desde el punto 10 al punto 13 y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto a y con la otra tocarás en el punto b después tomarás el largo de la cara de la planta por lecho P desde el punto c al punto d y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto e y con la otra circundarás el pedazo de círculo en blanco f después tomarás el ancho de su bolsor en el arco extendido Q desde el punto g al punto h y con este tamaño pondrás la una punta del compás en el punto b y con la otra tocarás en el pedazo de círculo en blanco f en el punto i y de unos puntos a otros tirarás sus líneas rectas y quedará formada la dicha planta por cara O como parece entre los cuatro ángulos a b e i y de esta manera se han de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al justo

Aranda continúa explorando las posibles combinaciones de los temas clásicos de la cantería para dar lugar a nuevas figuras. Aquí va a dar comienzo a una serie de «cortes» que unen a las dificultades de las *puertas* las de los paramentos *en esquina y rincón*, es decir, en la unión de dos muros en ángulo, en este caso recto [264].

El método de trazado de las *plantas* es el empleado en otras ocasiones. Aranda da comienzo trazando la planta de la puerta, con las dos testas formadas cada una por dos paramentos en escuadra, un dintel entre D e I y el *batiente* que ha de recibir la carpintería entre las líneas paralelas I y L; después construye el alzado con el *batidero* B E o superficie vertical contra

Figura 264. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl 210.

Puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de arco

la que han de batir las puertas, el arco exterior F G, y el trasdós del dintel C. Es muy interesante el reparto y trazado del dovelaje: se reparte dividiendo en cinco partes el dintel E, contando hasta su intersección con el arco F, lo que de alguna manera sigue el criterio de hacer esta operación en los arcos o dinteles más bajos. Lo que es curioso es que las juntas de lecho, aunque formen un haz de planos de canto como en todas las *puertas* de Aranda, no se trazan desde el centro de los arcos F y N, sino desde un punto inferior situado, eso sí, en el plano de simetría.

A continuación pasa a obtener las *plantas por lecho* abatiendo con eje en la intersección de la *planta* que quiere obtener, N, y el plano de impostas B; para ello va tomando distancias entre las intersecciones de la *planta* con el batiente E, con las dos caras F y G del arco y con el dintel C. Nos encontramos una dificultad al construir las *plantas*: los planos de las caras de lecho forman un haz que tiene por recta común no una paralela ni una perpendicular a los paramentos, sino una recta contenida en su plano bisector y que por tanto forma un ángulo de cuarenta y cinco grados con los planos de los cuatro paramentos; lo más práctico será tomar como charnela del abatimiento una recta paralela al eje del haz; pero entonces no será perpendicular a las testas, lo que complica algo las construcciones. Para resolver esto, Aranda emplea una construcción que introdujo en la *Puerta en viaje a regla contra capialzado desquijado viaje por testa*,¹⁴⁷ basada en obtener la proyección horizontal de cada punto y a partir de ésta, el plano en el que se mueve.

De esta manera, el punto 6, que corresponde al dintel del trasdós, se moverá en un plano perpendicular a la charnela que pasa por su proyección horizontal 3; para determinarlo, bajamos una vertical desde 5, que representa la charnela, y trazamos una recta perpendicular a la charnela que pasa por 3; dicha recta intersecta a la vertical que baja de 5 en el punto 1; por tanto el punto 6 se moverá en el abatimiento dentro del plano que tiene por traza la recta 1 3, y estará situado a una distancia de 1 igual a 5 6; sabiendo esto, podemos obtener con facilidad el punto 2, que estará sobre la prolongación de 1 3, tomando desde 1 una longitud igual a 5 6.

Del mismo modo iremos obteniendo el resto de puntos que forman la *planta por lecho*: 7 y 19, los dos puntos que forman el *diente del dintel* están sobre la charnela y no se desplazarán en el abatimiento. Los dos puntos 9 y 10 que corresponden al *batiente* estarán en sendas perpendiculares a la

¹⁴⁷ V. Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, pl. 170, y p. 106 de este trabajo.

charnela tiradas por sus proyecciones horizontales y distantes de la charnela una longitud igual a 5 8. Del mismo modo, el punto abatido de 11 estará en una perpendicular a la charnela que pasa por su proyección horizontal y a una distancia de ella igual a 5 11, y la imagen de 15 en otra perpendicular al eje trazada por su proyección en planta y distante de él una longitud 5 15. Tras esto, sólo queda unir el punto 17, imagen abatida de 15, y el 2; no están a la misma cota, y como en otras ocasiones Aranda los une con un escalón y no con una línea inclinada, para no podría favorecer el deslizamiento de las hiladas superiores sobre las dovelas de la *puerta*.

También las *plantas por cara* de la superficie reglada del intradós se trazan por un método empleado en otros «cortes»; es evidente que en el *diente del dintel* y en el *batiente* no son necesarias por tratarse de planos horizontales. Aranda no intenta abatir la superficie reglada alrededor de la línea L que la separa del *batiente*, sino únicamente la junta de intradós a b respecto a una perpendicular al eje de la puerta que pasa por a, para lo que toma el largo de la junta de intradós 10 13 de la *planta por lecho* M y lo lleva sobre la traza del plano vertical que pasa por la proyección horizontal de b; a continuación toma la longitud de la testa g h en el *arco extendido* Q que hace las veces de *cimbria*, traza un arco de ese radio con centro en b, mide la longitud de la junta de intradós d c en la otra *planta por lecho* correspondiente a la dovela, y traza otro arco f con ese radio y centro en e; donde se encuentren los dos arcos tendremos el cuarto vértice i de la plantilla de intradós, que nos ofrece en verdadera magnitud los cuatro lados de la *cara* de la dovela, aunque debe tenerse en cuenta que nada nos asegura lo mismo respecto a las diagonales.

Aunque la construcción es inexacta por las razones dichas, es muy importante comprobar que Aranda no toma la longitud de la arista de testa directamente del alzado, como hacía en otros casos sino que esta vez construye una *cimbria* o desarrollo de la testa y de ahí toma la longitud g h para llevarla a la *planta*. Es decir, aquí Aranda sí tiene en cuenta que las distancias entre dos puntos de la testa no se conservan en verdadera magnitud en el alzado obtenido proyectando sobre un plano oblicuo, al contrario de lo que ocurría en el *Capialzado viaje por testa a regla* y otras *trazas*.¹⁴⁸

¹⁴⁸ V. p. 18. Cf. Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, c. 1580, f. 10 v.

Puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de arco

Figura 265. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 212.

Puerta por esquina de arco contra capialzado por rincón de arco

Para trazar esta dicha puerta por esquina de arco contra capialzado por rincón de arco le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos **A** y la distancia que hubiere entre las circunferencias **B C** es el arco de la dicha puerta que sirve de testa para el lado de la planta **D** y la distancia que hubiere entre la circunferencia **B** y la línea **E** es el batidero de las puertas y la distancia que hubiere entre la línea **E** y la circunferencia **F** es lo que ha de capialzar el dicho capialzado y la distancia que hubiere entre las dos circunferencias **F C** es el arco del dicho capialzado que sirve de testa para el lado de la planta **G** y la distancia que hubiere en la planta entre las líneas **D H** es el diente del arco de la puerta y la distancia que hubiere entre las líneas **H I** es el batiente del dicho capialzado y para sacar las plantas por lechos de las piezas de esta dicha puerta las sacarás desviando de cuadrado de los plomos que bajaren del arco **B** las distancias que hubiere de unas líneas a otras en las juntas de la monte que hagan ángulo recto con los dichos plomos como se hizo en la puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de arco a 208 planas de este libro como parece en la planta por lecho **L** que está entre los ángulos 1 2 3 4 5 6 7 que se saco para la junta **M** y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsores del arco extendido **O** como se hizo en la dicha puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de arco como parece en la planta por cara **N** que está entre los ángulos **a b c d**.

Aquí nos encontramos con una nueva variante de las *puertas* que combinan arcos y dinteles [265]. Se trata, como en la anterior, de abrir un hueco en el encuentro de dos muros en *esquina y rincón*, pero si el anterior Aranda planteaba una sucesión dintel - dintel - arco - arco, aquí va a plantear otra: arco - dintel - arco - arco. Se trata de una de las *trazas* de mayor complejidad del manuscrito, y quizá por eso fue elegida para figurar en la cubierta de la edición de 1986.

El método de trazado de las *plantas* es el mismo de otras veces. Aranda comienza construyendo la *puerta* en planta, con un arco que hace de *diente* entre **D** y **H**, el *batiente* entre **H** e **I**, y el capialzado entre **I** y **G**; y después el alzado con el *batidero* entre el arco **B** y el dintel **E**, el capialzado entre

este dintel y el arco F y la testa entre F y el arco exterior C; como se cuida de explicarnos, *la distancia que hubiere entre las circunferencias B C es el arco de la dicha puerta que sirve de testa para el lado de la planta D*; es decir, que hacia el ángulo saliente el hueco ofrece un simple arco, frente a la profusión de *diente, batiente*, y capialzado que presenta en el *rincón*.

A continuación comienza a trazar las *plantas por lecho* abatiendo con eje en la intersección de la *planta* que quiere obtener y el plano de impostas; para ello va tomando distancias entre las intersecciones de la *planta* con el batiente E y con las dos caras F y G del arco del mismo modo que lo hacía en la *traza* anterior, a la que se remite sin más. Así, los puntos 1 y 2, que están en el eje del abatimiento, no se moverán; 3 sí lo hará, pero se mantendrá dentro de un plano perpendicular al eje, por lo que podemos construir una perpendicular a la charnela que pasa por su proyección horizontal y tomar sobre ella, contando desde la charnela, una distancia igual a la que hay entre E y B medida sobre la junta de lecho correspondiente. El punto siguiente, 4, estará sobre una paralela a la charnela que pasa por 3, por lo que lo podemos situar fácilmente en la intersección de esa recta con una perpendicular al eje trazada por la proyección horizontal de 4; del mismo modo hallaremos 5, situando sobre una perpendicular al eje que pase por su proyección horizontal la distancia entre B y F medida a lo largo de la *tirantez* correspondiente; y otro tanto haremos con 6. Desde aquí tiraremos una horizontal para hallar 7, puesto que el trasdós viene dado por el arco C en los dos paramentos, y por tanto es un cilindro cuyo eje es precisamente la recta común del haz de planos que nos da las caras de lecho; hallando la intersección de esta horizontal con la perpendicular al eje que pasa por 7, tendremos el último punto y podremos cerrar la *planta por lecho*.

El siguiente paso es trazar la *cimbria* o desarrollo de la testa del arco F. Para ello baja plomos desde sus puntos más significativos hasta tocar un paramento; curiosamente no el G, donde de verdad está la testa, sino el otro, el D, pero Aranda parece consciente de que esto se puede hacer por ser paralelos los dos planos; por otra parte, con esto se consigue, además de economía de líneas, no «entoscar la traza» como diría Vandelvira. Desde los puntos donde estas verticales intersectan el paramento, levanta perpendiculares a la pared y sobre ellas va llevando las alturas de F, tomadas en el alzado con respecto a E; es de esperar que, como en otros casos, estos puntos se unan con el compás de tres en tres por la regla de los «tres puntos perdidos».

Puerta por esquina de arco contra capialzado de rincón de arco

Figura 266. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 214.

Las *plantas por cara* de la superficie reglada del intradós se construyen por el método empleado en la *traza* anterior, como nos dice Aranda, que no entra en detalles acerca de él; consiste básicamente en abatir la junta de intradós a c por separado del resto de la *cara* de la dovela con charnela en una perpendicular al eje de la *Puerta* que pasa por a. Así, obtenemos en primer lugar el punto c, cuya distancia al punto a podemos medir en la *planta por lecho* correspondiente; a continuación tomamos la longitud de la testa en la *cimbria* O, trazamos un arco de esa longitud con centro en c, obtenemos la longitud b d de la otra junta de intradós de la dovela tomando medidas en la *planta por lecho* L, y trazamos un arco con ese radio desde b; en la intersección de los dos arcos tendremos situado el vértice d, con lo que podremos cerrar la *planta por cara*, que reproduce en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara de intradós de la dovela, aunque no las diagonales.

Puerta por esquina capialzada de arco contra capialzado por rincón de arco

Para trazar la dicha puerta por esquina capialzada contra capialzado por rincón le formarás la planta como parece entre los ángulos A y asimismo formarás el arco B que sirve de testa para los dos lados de la planta C D y la línea E sirve de diente de la dicha puerta que es la distancia que hubiere entre las líneas F G y la distancia que hubiere entre las líneas E H es el batidero de las puertas y para sacar las plantas por lechos de las piezas de esta dicha puerta las sacarás desviando de cuadrado de los plomos que bajaren de la línea E las distancias que hubiere de unas líneas a otras en las juntas de la monte que hagan ángulo recto con los dichos plomos como se hizo en la puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de arco a 208 planas de este libro como parece en la planta por lecho I que está entre los ángulos 1 2 3 4 5 6 que se sacó para la junta L y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsos de los arcos extendidos M N como se hizo en la dicha puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de arco como parece en la planta por cara O que sirve para el capialzado por esquina y la planta por cara P que sirve para el capialzado por rincón como parecen entre los ángulos a b c d e f g h

En la traza anterior veíamos una *puerta* abierta en el encuentro de dos muros en ángulo, en la que aparecían arcos en las dos testas y un dintel en una franja interior. En ésta tenemos la misma combinación, con la diferencia de que el dintel interior no se dispone paralelamente a las testas, sino perpendicularmente al plano bisector de los dos muros [266]. En cierto modo, esta es la conclusión natural de los arcos *en esquina y rincón*: si la idea básica es dominar no una u otra calle, sino el ángulo que forman, lo lógico será disponer la carpintería perpendicular a su bisectriz. Encontramos disposiciones similares en algunos palacios de Trujillo y en el palacio de los Guzmanes, en León;¹⁴⁹ entre los textos de la cantería aparece en Fray Laurencio de San Nicolás y Juan de Portor y Castro [267, 268],¹⁵⁰ en un dibujo rayado con una fuerza expresiva infrecuente entre los económicos trazados de la *montea*.

En todos los arcos, capialzados y *puertas* trazados *en esquina y rincón* que habíamos visto hasta ahora, los dos muros formaban ángulo recto, con la lógica excepción del *Arco por esquina y por rincón de lados y ángulos desiguales*.¹⁵¹ En éste nos encontramos que forman un ángulo obtuso, sin que venga justificado por la asimetría de los paramentos. Puede pensarse que con ello Aranda está tratando de exponer que sus soluciones a este tipo de *trazas* se pueden generalizar, pues como veremos, esta particularidad no afecta al método de construcción. También hay que recordar que en el *Arco por esquina y rincón* Aranda nos advertía que *si este dicho arco por hacer tanto viaje hiciere la primera junta algún género de garrote subirás la primera planta por cara fuera de su simetría la veintena parte del ancho de su bolsor*; evidentemente, convertir el ángulo entre los muros en obtuso disminuye el peligro de *garrote*.

Por lo demás, el «corte» no aporta novedades dignas de mención; como se cuida de explicarnos Aranda, el sistema es el mismo de la *Puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de arco*.¹⁵² La construcción da comienzo construyendo la *puerta* en planta, con el encuentro en ángulo de los dos muros y el *diente* F G perpendicular a la bisectriz; y a continuación

¹⁴⁹ José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*, p. 56-57. En el monasterio de Samos existe un hueco aún más complejo que la *traza* de Aranda, con un arco en lugar del dintel central; v. Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Crucería*, Valladolid, Universidad, 1998, p. 45.

¹⁵⁰ Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de arquitectura*, p. 73; Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114, f. 78.

¹⁵¹ V. p. 192 del Tomo II.

¹⁵² V. p. 167.

Puerta por esquina capialzada de arco contra capialzado por rincón de arco

Puerta por esquina capialzada de arco contra capialzado por rincón de arco

el alzado con el *batidero* E H, el capialzado y el arco de testa B. Llegados a este punto, se trazan las *plantas por lecho* abatiendo con charnela en la intersección de cada *planta* y el plano de impostas; para ello se toman distancias entre las intersecciones de la *planta* con el arranque del capialzado H y las dos caras del arco de testa B. Los puntos 3 y 4, que están en el eje del abatimiento, no se moverán; las intersecciones del *diente* con las superficies regladas de ambos capialzados estarán en perpendiculares a la charnela que pasan por 3 y 4, y a una distancia de ellos igual a la distancia entre E y H, medida sobre la *planta por lecho* L. El punto 2 se mueve dentro de un plano perpendicular a la charnela, por lo que podemos obtener la proyección horizontal de 2 bajando una vertical desde el alzado, construir una perpendicular al eje que pasa por dicha proyección horizontal y tomar sobre ella, contando desde la charnela, una distancia igual a la que hay entre E y la cara inferior de B medida sobre la junta de lecho correspondiente, con lo que fijaremos 2; del mismo modo fijaremos 1; para construir el punto siguiente, 6, podemos tener en cuenta que el segmento que lo une a 1 es horizontal, y por tanto paralelo a la charnela; en el abatimiento se conserva esta propiedad, por lo que podemos situarlo en la intersección de una paralela a la charnela que pasa por 1 y la perpendicular que pasa por su proyección horizontal. Del mismo modo podemos situar 5, en el encuentro de una paralela a la charnela que pasa por 2 y una perpendicular que pasa por su proyección horizontal, hecho lo cual tenemos cerrada la *planta por lecho*.

El siguiente paso es trazar el desarrollo de la testa del arco B. Para ello podemos bajar plomos desde las intersecciones con las juntas de lecho o *tiranteces* hasta tocar el paramento, levantar perpendiculares a la pared desde los puntos donde estas verticales intersectan el paramento, y llevar a ellas las alturas de la arista inferior de B sobre E tomadas en la *montea*. Cabe entender que como en otras ocasiones, estos puntos se unen con el compás de tres en tres por la regla de los «tres puntos perdidos».

No es necesario obtener *plantas por cara* del diente, está claro, pero sí de los dos capialzados que con él forman el intradós. Se obtienen por el método empleado en la *traza* anterior; como allí, la planta no puede representar en verdadera magnitud la superficie de intradós por no ser los cuatro vértices coplanares, pero se utilizan perpendiculares a la charnela, con lo que nos acercamos más a su forma y puede ser más útil en la labra. Así, para obtener la *planta* P, se abate en torno a G; los puntos e y f, que están en el eje, no se moverán; g lo hará sobre una perpendicular a la charnela de este abatimiento, con lo que podremos obtenerlo bajando una

perpendicular desde su proyección vertical y tomando su distancia a *e* de la *planta por lecho*. En el paso siguiente, Aranda opta como en otras ocasiones¹⁵³ por mantener la verdadera magnitud de los otros dos lados de la *planta*; *h* se obtiene tomando su distancia a *f* de la otra *planta por lecho* y su distancia a *g* del desarrollo *M* de la testa.

De esta manera, disponemos de un plantilla de intradós que representa la longitud exacta de los cuatro lados de la cara de intradós del *capialzado* y la diagonal *f g*, aunque falsea la *e h*; puede ser utilizada durante la labra para comprobar la exactitud del ángulo *g e h* y después hacerla «bailar» sobre la diagonal *f g* para verificar la otra mitad *g h f*. Una vez obtenida la mitad de las *plantas* de este lado de la *puerta*, pues podemos aprovechar la simetría respecto al eje del *capialzado*, hemos de pasar al otro lado del dintel intermedio *G F* para hacer lo propio empleando el mismo método, pues no hay simetría respecto a dicho dintel.

Capialzado por esquina para una puerta por rincón

Para trazar este dicho capialzado por esquina para una puerta por rincón le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos *A* y asimismo formarás el arco *B* que sirve de testa para el lado de la planta *C* y las plantas por lechos de este dicho capialzado se han de sacar de esta manera extenderás las juntas de la planta con las alturas de los plomos del arco *B* como se hizo en el capialzado por rincón para una puerta por esquina a 205 planas de este libro como parece en la planta por lecho *D* que está entre los ángulos 1 2 3 4 5 que se sacó para la junta *E* y las plantas por caras se han de sacar con el lado de las caras de las plantas por lechos y con el ancho que tuvieron los bolsores en el arco extendido *F* como se hizo en el dicho capialzado por rincón como parece en la planta por cara *G* que está entre los ángulos a *b c d*

Nos encontramos aquí con una traza casi idéntica al *Capialzado por rincón para una puerta por esquina*; si allí teníamos un arco en el *rincón* y un dintel en la *esquina*, aquí la situación se invierte y tenemos un dintel en el *rincón* y un arco en la *esquina* [269]. Por lo demás, el método de construcción es idéntico; deriva del que se presentó en el *Capialzado desquijado cuadrado*. El trazado comienza con la planta del hueco, con el

¹⁵³ V. p. 232 y ss. del Tomo II.

Figura 267. Fray Laurencio de San Nicolás, *Arte y Uso de Arquitectura*, f. 73.

Figura 268. Juan de Portor y Castro, *Cuaderno de arquitectura*, f. 78.

Figura 269. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 215.

encuentro de dos muros, esta vez en ángulo recto y las jambas convergentes y simétricas respecto de la bisectriz de los paramentos. A continuación se traza la testa *en esquina* B con forma de arco escarzano, y se reparte el dovelaje dividiendo en partes iguales el intradós y trazando como otras veces las *tiranteces* a partir del centro del arco, inferior a la línea de impostas. En la testa *por esquina* también distribuye el dovelaje por partes iguales, contando en la clave la distancia entre los dos puntos y no el desarrollo real del paramento.

A continuación se levanta el desarrollo o *cimbria* F de este arco B, por un procedimiento que se expuso en la *definition* primera de la primera parte del manuscrito, bajando verticales desde B hasta intersectar el paramento C y levantando por estas intersecciones perpendiculares al propio paramento C, a las que se llevan las cotas sobre el plano de impostas de cada punto de B; uniendo estos puntos obtendremos el arco F que es la *cimbria* de B.

Las *plantas por lecho* se construyen mediante una sucesión de abatimientos; se abate el plano vertical que pasa por la arista inferior de una cara de lecho tomando como charnela la proyección horizontal de la arista; los puntos 3 4 del *batiente* están en el eje del abatimiento y no se mueven, mientras que el 2 se moverá sobre una perpendicular a la charnela y podemos situarlo tomando su cota de la *montea* o, si lo preferimos, de la *cimbria*, pues será igual a su distancia a la línea de impostas.

Después hemos de obtener los puntos correspondientes al trasdós de la *planta por lecho*. Para obtener la intersección de trasdós y testa Aranda construye en verdadera magnitud la diagonal de la cara de lecho, llevando la proyección horizontal de dicha diagonal sobre la línea de tierra a partir de la vertical del extremo de la *tirantez*, que es el punto que va buscando; desde el punto así obtenido toma la distancia al extremo de la *tirantez* y la lleva a la planta, para trazar un arco con centro en 3 y radio igual a la longitud de la diagonal y otro arco con centro en 2 y radio igual a la longitud de la *tirantez*; en la intersección de ambos radios estará según Aranda el vértice que buscamos; pero la construcción es inexacta porque la *tirantez* se deforma aumentando su longitud al ser proyectada sobre el paramento D. La diferencia será importante pues equivale a dividir por 2 la proyección horizontal de la *tirantez*. Esta forma de proceder puede deberse, más que a un error por desconocimiento, a un deseo de igualar las longitudes de las *tiranteces*, ya que aquí podría haber construido una *cimbria* más completa y tomar de ella la longitud de las *tiranteces* como tomará más adelante la de las *plantas por cara*. Aranda no nos dice nada

acerca de la construcción del quinto vértice, y tampoco lo sitúa sin más en la arista del dintel como en otras trazas; todo parece indicar que lo resuelve de forma aproximada.

Aranda nos dice que las *plantas por cara* se trazan por el método empleado en el *Capialzado por rincón para una puerta por esquina*¹⁵⁴ sin entrar en más detalles; allí se abatía la junta de intradós con charnela en una perpendicular al eje del capialzado que pasa por su punto inferior; podemos obtener fácilmente la longitud de *c b* midiendo en la *planta por lecho* correspondiente y trazar un arco con radio igual a esta longitud y centro en *c*; donde intersecte a un *plomo* bajado por el extremo superior de la junta de intradós estará el abatimiento de *b*. A continuación Aranda toma la longitud de la testa en la *cimbria* *F*, traza un arco con radio igual a esta longitud desde *c*, toma la longitud *a d* de la otra junta de intradós en la *planta por lecho* *D*, traza otro arco con ese radio y centro en *b* y sitúa el cuarto vértice en la intersección de ambos arcos de manera que está en condiciones de cerrar la *planta por cara*; ésta representa en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara de intradós, pero no las diagonales.

Puerta por rincón a regla contra capialzado por esquina de arco

Para trazar esta dicha puerta por rincón a regla contra capialzado por esquina de arco le formarás la planta como parece entre los cuatro ángulos *A* y la distancia que hubiere entre las líneas *B C* es el dintel de la dicha puerta que sirve de testa para el lado de la planta *D* y la distancia que hubiere entre las líneas *B E* es el batidero de las puertas y la distancia que hubiere entre la línea *E* y la circunferencia *F* es lo que ha de capialzar el dicho capialzado y la distancia que hubiere entre las circunferencias *F G* es el arco del capialzado que sirve de testa para el lado de la planta *H* y la distancia que hubiere en la planta entre las líneas *D I* es el diente del dicho dintel que sirve para la puerta y la distancia que hubiere entre las líneas *I L* es el batiente del dicho capialzado y para sacar las plantas por lechos de las piezas de esta dicha puerta las sacarás desviando de cuadrado de los plomos que bajaren de la línea *B* las distancias que hubiere de unas líneas a otras en las juntas del dintel que hagan ángulo recto con los dichos plomos los dichos

¹⁵⁴ V. p. 163.

Capialzado por esquina para una puerta por rincón

Figura 270. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 217.

desvíos como se hizo en la puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de arco a 208 planas de este libro como parece en la planta por lecho M que está entre los ángulos 1 2 3 4 5 6 que se sacó para la junta N y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho que tuvieren los bolsores en el arco extendido O como se hizo en la dicha puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de arco como parece en la planta por cara P que está entre los ángulos a b c d

Después de un *capialzado* con el dintel en el ángulo entrante y el arco en el saliente, Aranda nos presenta aquí una *puerta* con la misma disposición [270]. Se trata de una variante de la *Puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de arco* transformado de manera que el dintel pase de una testa a otra, volviendo la figura del revés.

El sistema de construcción de las plantillas es una vez más el mismo. Se traza la planta de la *puerta*, con dos paramentos en ángulo recto, un dintel entre D e I y el *batiente* que ha de recibir la carpintería entre las líneas paralelas I y L; a continuación se construye el alzado con el *batidero* B E o superficie vertical contra la que han de batir las puertas, el arco exterior F G, y el trasdós del dintel C. El dovelaje se reparte dividiendo en cinco partes los dinteles bajos, lo que es habitual en el manuscrito. Lo que ya no es tan frecuente que las juntas de lecho o *tiranteces* no pasan por el centro del arco F, sino que se trazan por un punto inferior, probablemente para evitar un tamaño excesivo de las dovelas, lo que da como resultado que no son perpendiculares a las tangentes a F.

Las *plantas por lecho* se obtienen abatiendo con eje en la intersección de la *planta* que se quiere obtener, pongamos por caso N, y el plano de impostas B; para ello se toman distancias entre las intersecciones de la plantilla con el batiente E, con las dos caras F y G del arco y con el dintel C. Así el punto 6, que corresponde al dintel del trasdós, se desplazará en un plano perpendicular a la charnela que pasa por su proyección horizontal; para determinarlo, bajamos una vertical desde la intersección de N con B, que representa la charnela, y trazamos una recta perpendicular a este eje, que pase por la proyección horizontal del punto que queremos obtener; el punto 6 estará situado a una distancia de la charnela igual a la longitud de N entre B y C. Del mismo modo iremos obteniendo el resto de puntos que forman la *planta por lecho*: los dos puntos que forman el *diente del dintel* están sobre la charnela y no se mueven en el abatimiento. Los dos puntos

que corresponden al *batiente* están sobre una recta paralela a la charnela separada de ella por la distancia entre **B** y **E** medida a lo largo de **N**. El punto 4 que separa la superficie reglada del intradós y la testa estará sobre una recta perpendicular al eje del abatimiento trazada por su proyección horizontal y separado del eje la distancia entre **B** y **F** medida a lo largo de **N**. Por último, 5 estará en la intersección de una recta perpendicular a la charnela trazada por su proyección horizontal y a una distancia de ésta igual a la que hay entre **B** y **G** medida, claro está, a lo largo de **N**.

A continuación se traza el *arco extendido O*, bajando *plomos* desde el alzado hasta intersectar el paramento correspondiente, levantando perpendiculares al paramento y llevando sobre ellas las alturas de cada punto tomadas del alzado.

La operación es un paso previo para trazar las *plantas por cara* de la superficie reglada del intradós; Aranda nos remite a la *Puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de arco*, pero no renuncia a explicar esquemáticamente la construcción; abate una junta de intradós con charnela no en **L**, sino en una perpendicular al eje de la *Puerta* que pasa por el punto inferior de la junta de intradós, trazando un arco con radio igual a *el largo de las caras de las plantas por lecho* y centro en **a**; donde intersecte a un *plomo* bajado por el extremo superior de la junta de intradós estará el abatimiento de **c**. A continuación toma *el ancho que tuvieron los bolsores en el arco extendido O*, es decir, en la *cimbria*, donde tiene esta cuerda en verdadera magnitud, y no en el alzado como ha hecho erróneamente en otros «cortes»; traza un arco con este radio y centro en **c**, y toma *el largo de la cara* de la otra *planta por lecho*, traza otro arco con centro en **b**. En la intersección de los dos arcos estará el cuarto vértice de la *planta por cara*. Es significativo comprobar que Aranda baja su *plomo* desde el alzado para construir la *cimbria* pero lo corta a pocos milímetros del vértice de la *planta por cara*, lo que deja claro que no interviene en su construcción; de hacerlo el resultado sería ligeramente diferente debido al alabeo de la cara; como en otras ocasiones la *planta por cara* nos ofrece en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara de intradós, pero no las diagonales.

Puerta por rincón a regla contra capialzado en esquina de arco

Puerta por rincón a regla contra capialzado en esquina de arco

TERCERA PARTE

DE CERRAMIENTOS Y TRAZAS DE MONTEA

POR GINÉS MARTÍNEZ DE ARANDA

ARQUITECTO

Esta tercera parte es aplicada para subidas de caracoles y escaleras caracoles son todas cualesquiera figuras que en su distribución causaren a dar la vuelta circularmente y las piezas de los cerramientos miraren a un centro Escaleras son todas cualesquiera figuras que en su distribución causaren a dar la vuelta de cuadrado y dejaren hechas alguna manera de mesas y descansaderos sobre que se han de formar las vueltas como adelante se verá puestas por demostración de figuras

DIFINITIONES DE ESTA TERCERA PARTE

Difinition primera muestra extender circunferencias concurrientes llanas y en vuelta de horno

Supongo que la circunferencia llana que se ha de extender es la figura A tirarás una línea recta desde el punto 1 al punto 2 y verás lo que ha de subir el extendimiento y a ese alto tirarás una línea perpendicular desde el punto 2 al punto 3 y a este dicho punto 3 tirarás una línea concurriente desde el punto 1 después tomarás lo que desvía la circunferencia A de la línea 4 por su mitad desde el punto 5 al punto 6 eso ha de desviar la circunferencia B de la línea concurriente 7 desde el punto 8 al punto 9 la cual dicha circunferencia se ha de extender cogiendo los dos cabos de la dicha línea concurriente y al cabo del dicho desvío que son los tres puntos 1 9 3 y de esta manera quedará extendida la dicha circunferencia llana

Supongo que la circunferencia concurriente que se ha de extender en vuelta de horno es la figura señalada con la C y para extender esta dicha

circunferencia circundarás la vuelta de horno que es la figura D que toque en los ángulos 1 2 y esta dicha vuelta de horno repartirás en las partes que te pareciere desde el punto 1 al punto 2 supongo que sean ocho partes y con una de estas dichas ocho partes irás echando por la línea concurrente 3 adelante otras ocho partes conformes desde el punto 1 al punto 4 después tomarás el desvío que hubiere desde el punto 5 al punto 6 y este desvío echarás desde el punto 7 al punto 8 y con una circunferencia extendida cogerás los dos cabos de la línea concurrente 3 y el cabo del dicho desvío que son los tres puntos 1 8 4 y de esta manera quedará extendida la dicha circunferencia en vuelta de horno como parece la figura E

Esta *definition* nos ofrece dos construcciones relacionadas entre sí. La primera sirve para obtener en verdadera magnitud un segmento de la elipse que resulta de proyectar una circunferencia contenida en un plano horizontal sobre un plano inclinado [271]. Entre otros usos posibles, el procedimiento puede emplearse en la traza de caracoles; en lugar de trabajar con la hélice, curva alabeada de difícil manejo, se asimila ésta a una serie de segmentos de elipse resultado de proyectar la circunferencia de su planta sobre planos inclinados que tienen por línea de máxima pendiente la cuerda del arco de elipse.

Planteadas las cosas así, la construcción es sencilla. Trazamos en primer lugar un arco de la circunferencia de base 1 6 2 apoyándonos en su cuerda 1 2. Por el extremo 2 levantamos una perpendicular sobre la que llevaremos el desnivel entre los dos extremos del arco de elipse, obteniendo así su cuerda 1 3; si se trata de una pieza de un caracol, como una moldura o el infradós, esto se hará con facilidad si el arco de elipse corresponde a dos o tres peldaños, pues el desnivel valdrá dos o tres contrahuellas. A continuación abatimos el arco de elipse con charnela en su cuerda hasta llevarlo al plano vertical que pasa por ésta. El punto medio del arco de elipse, 9, que dista del 8 una longitud igual a 5 6, se moverá en un plano perpendicular a 1 3, y por tanto su abatimiento estará sobre la perpendicular a 1 3 trazada por 8, y distará de este último punto la longitud 5 6.

En cambio, no es tan fácil conocer la finalidad de la segunda construcción [272]. En este caso, no se trata de una hélice, sino de una línea que va perdiendo pendiente conforme sube, como las espirales de la bóveda de la capilla del castillo de Anet; pero su exposición precisamente

Figura 271. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 220.

Figura 272. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 221.

aquí lleva a pensar que pueda relacionada con alguna *traza* perdida de la segunda mitad de esta tercera parte. Una posibilidad es la resolución de un encuentro entre un pasamanos helicoidal y uno plano, quizás en el desembarco de un *caracol*.

Sea como sea, la construcción es análoga en cierto modo a la anterior, pero introduce cuestiones interesantes. Se traza la planta de la caja del *caracol* representando un segmento de longitud razonable, digamos dos *pasos*; se construye su cuerda y se representa el desnivel entre los extremos de este tramo de hélice. Hasta aquí las cosas se desarrollan como en la construcción anterior, pero ahora aparece la novedad: los puntos 1 y 2 no se unen mediante un segmento, sino mediante un arco de círculo cuya tangente en el punto 1 es horizontal en el dibujo, aunque Aranda no lo dice; esto refuerza la idea de un encuentro con un elemento horizontal. A continuación es necesario rectificar este arco de círculo, y para ello Aranda lo divide en *las partes que te pareciere [...] supongo que sean ocho*, operación que se realiza con toda probabilidad por tanteos; después va tomando las cuerdas de cada una de estas partes y llevándolas sobre una recta, para obtener un desarrollo aproximado de la circunferencia de extremos 1 4. El procedimiento puede hacernos sonreír, pero años después el muy docto en matemáticas Guarino Guarini recomienda una construcción similar.¹ Hecho esto, se retoma el orden de operaciones de la *circunferencia concurriente llana*: no queda más que trazar una perpendicular a 1 4 por su punto medio 7, tomar la sagita de la curva sin desarrollar 5 6, llevarla sobre la perpendicular a 1 4 para marcar el punto 8 y unirlo con 1 y 4, probablemente por el método de los «trois points perdus» con ayuda de un compás.

Difinition segunda muestra extender molduras concurrientes fuera de su cuadrado

Para extender la dicha moldura concurriente formarás de cuadrado el molde F con la forma que ha de tener la dicha moldura la cual dicha moldura tirarás hacia arriba como parece la figura G supongo que quieres extender esta dicha moldura perpendicularmente por la línea H tomarás lo que le cabe a cada miembro de la dicha moldura por la dicha línea H y con estas alturas y los desvíos que tuvieren los dichos

¹ Guarino GUARINI, *Architettura Civile*, Turín, Gianfrancesco Mariette, 1737, trat. IV, cap. III, obs. 2.

miembros en el dicho molde F formarás el molde extendido I y para extender la dicha moldura a nivel por la línea L tomarás lo que les cabe a los miembros de la dicha moldura por la dicha línea L y con estas alturas y los desvíos que tuvieren los dichos miembros en el dicho molde F formarás el molde extendido M y si acaso esta dicha moldura fuere por de dentro de alguna caja en circunferencia y la quisieres extender por la dicha línea a nivel L tomarás lo que les cabe a los miembros de la dicha moldura por la dicha línea L y con estas alturas y los desvíos que tuvieren los dichos miembros en el dicho molde F formarás el molde extendido en circunferencia N galgando los dichos desvíos con la circunferencia de la caja O

En la *definition* tercera de la primera parte Aranda nos ofrecía una construcción ligada indirectamente al *transporte* que expone Serlio en su Libro I [274]; aquí nos encontramos el *transporte* propiamente dicho [273]. Se trata de un mecanismo para **cambiar** figuras **de escala**; pero el uso que hacen de él Aranda y otros maestros hispanos como Hernán Ruiz es radicalmente distinto del que propone el boloñés.² Allí el mecanismo se empleaba ante todo para cambiar de escala dos o tres dimensiones de una figura, manteniendo constantes sus proporciones. En cambio los españoles no tienen reparo en cambiar de escala sólo una de las dimensiones de la figura; al mantener la otra invariable, lo que sobreviene es un **cambio de proporción**.³

Veamos cómo se hace esto. Dada una figura, por ejemplo la moldura F, se trazan paralelas que pasen por sus vértices y que formen ángulo con una línea H que normalmente vendrá dada por el problema a resolver, tal como el encuentro con una moldura horizontal. Si no queremos «entoscar la traza» tomaremos las distancias que determinan las paralelas en H y las llevaremos sobre una línea separada tal como la base de la figura I; por los puntos así obtenidos levantaremos perpendiculares a la base y sobre cada uno de ellos llevaremos las distancias de cada vértice de F a la base de esta figura. Nótese bien que las longitudes a lo largo de la base de F se agrandan

² Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, Memoria inédita de la oposición a la cátedra de Geometría Descriptiva de la Escuela de Arquitectura de Madrid, 1997, p. 39.

³ Sobre el *transporte* y su reflejo en Hernán Ruiz, v. Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Estudio», en *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, Madrid, Escuela de Arquitectura, 1974, pp. 14-17. Sobre esta *Definition*, v. Fernando MARÍAS, «Materiales y técnicas: viejos fundamentos para las categorías

Figura 273. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 222.

Figura 274. Sebastiano Serlio, Tutte l' opere d'architettura, l. 1, f. 8.

Figura 275. Juan Caramuel y Lobkowitz, *Arquitectura civil recta y oblicua*, p. II, lám.II y p. IV, lám XXV.

Figura 276. Alonso de Vandelvira. *Libro de trazas de cortes de piedras*, f.
50 v.

proporcionalmente mientras de las distancias a la base de F se mantienen invariables: *con estas alturas y los desvíos que tuvieren los dichos miembros en el dicho molde F formaras el molde extendido I.*

A continuación Aranda, fiel a su espíritu enciclopédico, nos presenta el procedimiento para entestar la misma moldura F con una moldura vertical, lo que no presenta ninguna novedad. En cambio, es más singular la transformación de la que se obtiene la moldura N, que no tiene paralelo en Serlio ni en Hernán Ruiz. Se trata de adaptar una moldura, en este caso la vertical M obtenida ya por deformación de F, a la superficie cóncava de una caja de escalera. Para ello se toman otra vez distancias a lo largo de la línea base de M y se llevan a lo largo de la circunferencia O. A continuación se miden las distancias a la línea base de M y se levantan a partir de O. Aranda no nos dice cómo se hace esto, pero del dibujo queda claro que se hace **radialmente**.

Llegados a este punto, lo que no queda claro es porqué esta construcción se asocia a las escaleras y no a cualquier otra cosa. La respuesta nos la da Alonso de Vandelvira; en el folio donde expone su «Caracol de Mallorca»⁴ aparece un pasamanos que al llegar a una meseta se dobla para ir a morir al suelo [276]; aunque el detalle se puede aplicar a un *caracol*, luciría mejor en una escalera amplia. Por tanto, parece que Martínez de Aranda lo incluye entre las *difinitiones* de la tercera parte de su manuscrito como preparación a alguna *traza* de escaleras perdida, que figuraría en el manuscrito detrás de los *caracoles* conservados.

Difinition tercera muestra sacar engauchidos por línea concurriente

Supongo que la figura P es la planta por cara de la pieza u hilada que hubieres de engauchir tomarás el largo del lado grande de la dicha planta por cara desde el punto I al punto 2 y este tamaño echarás a nivel en la planta por lecho Q desde el punto 3 al punto 4 y verás lo que ha de subir la dicha pieza y esta subida echarás perpendicularmente desde el punto 4 al punto 5 y a este dicho punto 5 tirarás la cara de la dicha planta por lecho Q desde el punto 3 y con esta dicha cara galgarás la dicha planta por lecho como parece entre los puntos 3 5 6 7 después

arquitectónicas del Quinientos», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, p. 268.

⁴ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, c. 1580, f. 50 v.

tomarás el largo del lado pequeño de la dicha planta por cara desde el punto 8 al punto 9 y este tamaño echarás a nivel en la planta por lecho R desde el punto 10 al punto 11 y tomarás la subida que hubiere en la planta por lecho Q desde el punto 4 al punto 5 y este tamaño echarás desde el punto 11 al punto 12 y a este dicho punto 12 tirarás la cara de la dicha planta por lecho R desde el punto 10 y con esta dicha cara galgarás la dicha planta por lecho como parece entre los puntos 10 12 13 14 y robada la dicha pieza de cuadrado con los robos que parecen en las caras y tardoses de las plantas por lechos quedará la dicha pieza engauchida como parece en la figura S y de esta manera se han de engauchir las hiladas que subieren por línea concurriente aunque sean en circunferencia.

El problema que nos plantea aquí Aranda es el de la labra de una pieza que tiene dos caras *engauchidas*, esto es, cuyos cuatro vértices no son coplanares [277]; lo va a resolver por un método intermedio entre la labra *por robos* y *por plantas*. Traza en primer lugar la *planta por cara* trapezial P. El término puede llevar a confusión pues esta *planta* no es una representación en verdadera magnitud de una de las *caras*, cosa que es imposible precisamente porque sus vértices no son coplanares; de lo que se trata en realidad es de la plantilla del bloque a partir del cual se va a obtener la pieza *por robos*. A continuación levanta las dos *plantas por lecho* de los lados largos de la pieza partiendo de las longitudes de sus bases 1 2 y 8 9, que obtiene de la *planta por cara*, del desnivel entre los lados cortos 4 5 y del grosor de la pieza 3 7; llevando 3 7 al otro extremo obtenemos el segmento 5 6 que nos permite cerrar el romboide de la *planta por lecho* Q; del mismo modo obtendremos la otra *planta* R.

Llegados a este punto podemos labrar la pieza; después de desbastar un bloque de base P marcamos sobre sus caras largas las *plantas* Q y R, y *robamos* por su cara inferior hasta materializar el cuadrilátero alabeado 5 3 10 12; del mismo modo *robaremos* por el *tardos* hasta materializar 6 7 14 13.

Figura 277. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 223.

Figura 278. Philibert de L'Orme, Le premier tome de l'Architecture, f. 121 v.

Definición cuarta muestra entrar en cuadrado y robar cualquiera manera de despiezo que se hiciere en un paso de caracol o escalera en plano o en circunferencia

Supongo que la figura T es planta por cara del dicho paso plano y lo quieres despezar por la línea a tomarás el largo del dicho despiezo desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño echarás en el cuadrado V desde el punto 3 al punto 4 y desde el punto 5 al punto 6 después tomarás en la planta por cara la distancia que hubiere desde el punto 2 al punto 7 y con este tamaño echarás la tirantez de los lechos desde el punto 3 al punto 8 y desde el punto 6 al punto 9 de manera que le viene a quedar de huello al dicho paso la distancia que hubiere desde el punto 9 al punto 5 y tendrá de alto el dicho paso la distancia que hubiere desde el punto 5 al punto 10 y después se ha de robar este dicho cuadrado por el lecho bajo con el robo que parece entre los ángulos 3 8 10 y se ha de robar por el diente bajo que capialza con el robo que parece entre los ángulos 4 8 11 y por el lecho alto se ha de robar con el robo que parece entre los ángulos 6 9 11 y háse de advertir que los robos de los lechos no han de ser más grandes ni pequeños de lo que ahora son aunque se despiece por otra parte y lo que es el huello y robo del diente del capialzo esos han de engrandar o achicar conforme al lugar por donde se despezare

Supongo que la figura X es la planta por cara del paso en circunferencia a esta dicha planta por cara les sacarás sus plantas por lechos como parece en la planta por lecho Y que sirve para el lado alto de la dicha planta por cara desde el punto 1 al punto 2 y la planta por lecho Z sirve para el lado bajo de la dicha planta por cara desde el punto 3 hasta el punto 4 y estas dichas plantas por lechos han de subir todas las circunferencias a un altura cogiendo los puntos de los cabos y las dichas subidas con las dichas circunferencias supongo que quieres despezar el dicho paso por el despiezo b tomarás en la planta por cara el huello del dicho paso que es la distancia que hubiere desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño echarás en la figura (cruz) desde el punto 7 al punto 8 y desde el punto 9 al punto 10 después tomarás en la dicha planta por cara la distancia que hubiere desde el punto 6 al punto 11 y este

tamaño echarás desde el punto 10 al punto 12 y desde el punto 13 al punto 14 después tomarás en la dicha planta por cara la distancia que hubiere desde el punto 11 al punto 15 y este tamaño echarás desde el punto 8 al punto 16 y desde el punto 17 al punto 18 y ha de tener de alto el dicho paso desde el punto 7 al punto 17 lo que tuviere de alto la planta por lecho Z por el dicho despiezo desde el punto 19 al punto 20 y ha de tener de alto el dicho cuadrado desde el punto 18 al punto 12 lo que hubiere de alto en el dicho despiezo desde el punto 20 al punto 21 y ha de tener de alto el dicho cuadrado desde el punto 9 al punto 13 lo que tuviere de alto el dicho despiezo en la planta por lecho Y desde el punto 22 al punto 23 y ha de tener de alto el dicho cuadrado desde el punto 14 al punto 16 lo que tuviere de alto el dicho despiezo desde el punto 23 al punto 24 y de esta manera se han de sacar todos los despiezos por dondequiera que se despezaren guardando los anchos con las distancias que pidriere el despiezo en la planta por cara y los altos con las distancias que pidriere el dicho despiezo en las dichas plantas por lechos como parece en el dicho cuadrado (**cruz**) que está entre los ángulos 7 8 9 10 12 13 14 16 17 18 y háse de rebajar el dicho paso por el lecho bajo lo que hubiere en la dicha planta por lecho Z entre la línea c y la circunferencia d y se ha de rebajar el dicho paso por el lecho alto lo que hubiere en la planta por lecho Y entre la circunferencia e y la línea f y por el diente bajo se ha de robar con el robo que parece en el cuadrado del despiezo entre los 9 10 13 y con los robos que causaren los demás despiezos que se sacaren para el dicho paso

Se pretende en esta *definition* resolver el problema que se plantea cuando no se dispone de bloques de piedra cuya dimensión mayor sea suficiente para cubrir con una sola pieza la distancia entre la caja de la escalera y el machón central. La dificultad podía ser importante; en el siglo XIV Carlos V de Francia se vio obligado a comprar losas sepulcrales a una iglesia porque no disponía de peldaños apropiados para la gran escalera del Louvre, lo que da a entender que sus maestros desconocían el recurso que vamos a analizar aquí. Hacia la mitad de siglo ya se conocía la técnica,

Figura 279. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 224.

Figura 280. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 226.

aunque Philibert de L'Orme se limita a reseñar su existencia sin aclararla.⁵ En las condiciones de Pedro de Ibarra para las obras en la fortaleza de Piedrabuena de 1567 se describe con claridad la dificultad y la solución: «como los pasos de la escalera prencipal habían de ser de pura piedra y buena cantería y porque no se podrán hallar enteros seran despeizados que hagan sus ligazones».⁶

Aranda da dos soluciones dependiendo de la forma del intradós de los peldaños. Si ha de ser plano [279], la construcción comienza trazando el peldaño y una línea que delimita la franja en la que ha de apoyar el peldaño superior. Esto se hace de manera que la tabica 1 y la arista 7 que separa la huella del peldaño de la franja en la que apoya el siguiente convergen en un punto que podemos considerar como el eje del machón o hueco, mientras que el otro borde 2 es paralelo a la línea 7; pero caben otras soluciones, como veremos más adelante.

A continuación se traza el arco de circunferencia a por la que se quiere dividir o *despezar* el peldaño y se lleva la longitud de su cuerda 2 1 a una recta que forma la base de una construcción separada, obteniendo el segmento 4 3; sobre los extremos de este segmento se levantan sendas perpendiculares y sobre ellas se toma una distancia 5 3 que equivale a la contrahuella incrementada en una longitud 10 3 para permitir que cada peldaño apoye sobre el inferior. Tendremos definida así la envolvente del peldaño 6 5 3 4; a continuación marcamos de 5 a 10 la altura de la contrahuella, y será preciso *robar* el triángulo 8 10 3 para materializar la franja 10 8 en la que el peldaño apoya sobre el siguiente; de la misma manera *robaremos* la cuña 11 6 9 para obtener la banda 11 9 en la que el peldaño recibe al superior. La situación asimétrica de a da a entender que el despiece de los peldaños superior e inferior no debe estar en prolongación de a, como aconseja el buen sentido constructivo.

Para el caso del peldaño de intradós curvo [280], Aranda da una solución más compleja pero que se basa en el mismo principio. Trazada la planta del peldaño, se tiran no una sino dos líneas que representan las dos franjas en las que va a apoyar el peldaño superior, y despues se construyen dos *plantas por lecho* que representan los alzados frontal y posterior del

⁵ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567, f. 120 r. y 122 r.; Eugène VIOLLET-LE-DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, París, B. Bauche, 1854, t. V, pp. 297-298.

⁶ Antonio NAVAREÑO MATEOS, *Arquitectura y arquitectos del siglo XVI en Extremadura : proyectos de obras de la Orden de Alcántara*, Universidad de Extremadura - Colegio de Arquitectos de Extremadura, 1994, p. 155.

peldaño, con el arco de circunferencia del intradós; en ambas se representan las siluetas de los peldaños superior e inferior, como parece dar a entender Aranda con una frase poco clara: *estas dichas plantas por lechos han de subir todas las circunferencias a un altura cogiendo los puntos de los cabos y las dichas subidas con las dichas circunferencias*; en realidad ese *un altura* a la que han de subir todas las circunferencias - o bajar la cara de huella - no es otra que la altura de peldaño.

Hecho esto iremos construyendo la sección del peldaño, tomando la huella 6 5 y llevándola a 7 8; prolongando ésta en una distancia 11 6 para obtener 16; tomando 20 21 en la *planta por lecho Z* para bajar a 14; tomando 15 11 para llegar a 13; bajando una contrahuella para obtener 9; llevando 6 5 en horizontal para obtener el segmento de la envolvente 9 10, y prolongándolo 15 11 para llegar a 12, a partir de la cual subiremos una distancia igual a 20 21 para obtener 18, tomaremos en horizontal 11 15 para fijar el punto 17 y por último, levantaremos una contrahuella para cerrar la poligonal en 7.

Una vez marcada la figura 7 8 16 14 13 9 10 12 18 17 sobre una cara del bloque, hemos de *robar* tres cuñas; las 16 14 13 y 12 18 17 nos dan los entrantes gracias a los cuales el peldaño se acopla con el superior y el inferior, consiguiendo así un apoyo en horizontal más efectivo que el que ofrecían los planos inclinados de la otra solución.

El *robo* 13 9 10 tiene una finalidad muy diferente, la de ofrecer una superficie de intradós sin esquinas que podrían ser peligrosas. Tal como se representa, el ángulo agudísimo de 13 sería muy frágil y de labra casi imposible; hemos de suponer que se ha de labrar con las piezas colocadas *in situ*. Aun así, colaboraría poco en el acoplamiento de los peldaños, pero esta función corresponde a las franjas 16 8 y 8 17.

En esta segunda solución hay varias inconsistencias entre texto, dibujo y notación. Si aceptamos como bueno el texto, la distancia 6 11 se ha de llevar a 13 14 y a 10 12; pero según el dibujo, lo que corresponde a 13 14 y 10 12 es 15 11; del mismo modo, 15 11 se ha de llevar a 8 16 y 17 18, pero en el dibujo estos están en las posiciones de 11 6; todo esto da a entender que 6 y 15 están intercambiados en el dibujo. Esto puede ser una distracción más que comprensible, pero el otro error es más significativo: es indiscutible que la línea que define el *robo* de intradós debe ir de 13 a 10, como se dice en el texto, y no desde 13 a 12, como se representa en el dibujo, porque la finalidad de este *robo* es precisamente conseguir una superficie de intradós continua.

Caracol de husillo

Para trazar este dicho caracol de husillo le formarás la planta circular como parece en la circunferencia **A** esta sirve de caja para el dicho caracol por la parte de adentro y asimismo formarás el macho del dicho husillo como parece en la figura **B** y esta dicha caja **A** repartirás en doce pasos lo cuales tirarás al centro del dicho macho y cada uno de estos dichos pasos ha de tener una cuarta de alto de manera que vendrá a tener de cuello la subida en toda una vuelta tres varas de medir con el grueso de unos pasos y a uno de estos dichos pasos añadirás la mitad del grueso del dicho macho y formarás la planta por cara como parece la figura **C** que está entre los ángulos 1 2 3 4 y con esta dicha planta labrarás primero los pasos de cuadrado que tengan una cuarta de alto como arriba es dicho y después lo robarás por lo bajo con el robo que parece entre los puntos 2 5 6 que vaya a morir el dicho robo en punta a el lecho alto y ha de quedar de lecho para el dicho paso por la parte baja lo que hubiere entre las dos líneas 7 8 que es lo que asienta el paso alto sobre el bajo de cuadrado y ha de quedar de huella en el dicho paso por la parte de arriba la distancia que hubiere entre las líneas 8 9 y ha de quedar de lecho por la parte de arriba lo que hubiere entre las líneas 9 10 de manera que cualquiera de estos lechos alto y bajo del dicho paso han de tener de ancho la mitad de lo que tuviere de grueso el dicho macho **B** y si este dicho caracol ha de llevar pasamano por la circunferencia de la caja **A** le formarás la moldura que hubiere de llevar como parece en la figura **D** y la subirás en línea concurriente con el altura que causaren los pasos como parece en la figura **E** y esta dicha moldura extenderás así por las juntas de las piezas como de los lechos como se hizo en la segunda difinition de esta tercera parte figuras **I N** y la cercha con que se ha de labrar esta dicha moldura se ha de extender por circunferencia concurriente como se hizo en la primera difinition de esta tercera parte figura **B** como parece en la circunferencia extendida **F** que se extendió de la línea **G**

En esta *traza* Aranda se propone construir la más simple de las escaleras de caracol, formada por una sola subida de piezas enterizas apoyadas en el muro perimetral y en un núcleo macizo formado por superposición a partir

de los extremos de las mismas piezas [281]. Como dice Pérouse de Montclos, esta escalera es una obra maestra del funcionalismo gótico: una sola pieza resuelve la pisa, la tabica, el soporte de ambas, la entrega en la caja, el machón central e incluso el andamiaje, pues los asentadores suben por ella mientras van colocando los peldaños y los sillares de la caja; no es de extrañar que reemplace durante varios siglos a las escaleras más complejas como la «Vis de Saint-Gilles» que reaparecen en el Renacimiento.⁷ Pero incluso dentro de esa sencillez se plantan algunos problemas interesantes.

El primero es el problema antropométrico, que va a condicionar, pero también a resolver, el dimensionado de la escalera. Todas las *trazas* que hemos visto hasta ahora eran independientes del tamaño de la pieza; el único condicionante de su dimensión es la resistencia mecánica, que en la mayoría de las piedras empleadas en cantería es muy alta, por lo que este factor no desempeña un papel muy relevante. Por eso Aranda no habla en ningún momento de medidas, sino únicamente de trazados geométricos, salvo en la *definition* quinta de la primera parte, que *muestra restribar los arcos y darles sus gruesos*.⁸ Aquí se hace presente de súbito la escala humana: aparece la altura del cuerpo, el tamaño del pie, el ancho del caracol y de la puerta, la fatiga.⁹ Todo se va a controlar en esta serie de *trazas* mediante una escala flexible basada en el pie castellano. Tres pies o *tercias* forman una *vara de medir*, que también puede dividirse en *cuartas* o palmos.¹⁰

Se comienza por fijar el paso del helicoide desarrollable que define la escalera; Aranda toma tres *varas de medir*, longitud suficiente para dejar una altura holgada después de descontar el grueso de los peldaños o *pasos*. A continuación se fija el número de éstos en doce; aparentemente el precepto vitruviano de «gradas nones» que recoge Vandelvira se aplica a las escaleras pero no a los *caracoles*.¹¹ Esto facilita la construcción geométrica, pues al

⁷ Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, París, B. Bauge, 1854, t. V, pp. 294, 297; John FITCHEN, *The construction of Gothic Cathedrals*, p. 23 de la ed. de 1981; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, París, Picard, p. 146; François BOUDON, y Jean Blecon, «Le vis, la marche et le noyau: leurs relations au début du XVI siècle», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance. Actes du colloque tenu à Tours du 22 au 26 mai 1979*, París, Picard, 1985, p. 75; Enrique RABASA DÍAZ, «Arcos esviados y puentes oblicuos. El pretexto de la estereotomía en el siglo XIX», *OP*, 1996, p. 30; *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, p. 25.

⁸ V. p. 28 del Tomo II.

⁹ V. Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, t. V, p. 294.

¹⁰ V. p. 132 del Tomo I.

¹¹ Marco VITRUVIO, *De architectura libri decem*, l. III, cap. IV; Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 57 r.

Figura 281. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 228.

Caracol de husillo

dividir la circunferencia en doce partes, obtenemos un ángulo de treinta grados de sencilla construcción, por ejemplo dividiendo la circunferencia en seis partes y después dividiendo cada una de éstas en dos. Además facilita la medición en altura, pues divide las tres *varas de medir* en doce *cuartas* o palmos, que es una medida aceptable para la contrahuella en una escalera de caracol.¹² Estas medidas están alejadas las que recomienda De L'Orme, entre cinco y seis pulgadas para lo contrahuella y entre un pie y catorce pulgadas para la huella; hay que tener en cuenta que el maestro de Lyon parece estar pensando en «moradas medianas y grandes»,¹³ mientras que la escalera de Aranda es puramente utilitaria y parece estar relacionada con la tradición gótica de las escaleras embutidas en muros o machones de las catedrales, que se perpetúa en el Renacimiento junto con las escaleras «secretas» de los palacios reales y las escaleras secundarias de la arquitectura doméstica.¹⁴

Así tenemos definida la escalera en altura y radialmente; aparentemente hay una dimensión que se puede fijar de manera con libertad, el ancho entre machón y pared, pero no del todo; pues el ancho de la puerta de acceso debe ser menor que la cuerda de un peldaño, salvo que coloquemos dos al mismo nivel, lo que alteraría la distribución de alturas.¹⁵ Todo esto nos obliga a darle al peldaño una longitud relativamente generosa, de cerca de dos *varas*.

Fijadas así las medidas de la escalera, podemos pasar a trazar y labrar los peldaños. Cada uno se define básicamente como un sector de círculo de treinta grados; pero la buena práctica constructiva aconseja que vaya apoyando sobre el inferior. Para ello hay que añadir a cada uno una

¹² Sobre la búsqueda de una métrica lo más simple posible, en este caso basada en veinticuatro escalones, v. François BOUDON, y Jean BLECON, «Le vis, la marche et le noyau: leurs relations au début du XVI siècle», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, p. 75.

¹³ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, 120 v.; Andrea PALLADIO, *I quatri Libri d'Architettura*, L. I, f. 61.

¹⁴ Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, (Tr. esp. del artículo «Construction» de Enrique Rabasa, *La construcción medieval*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, p. 210); John FITCHEN, *The construction of Gothic Cathedrals*, pp. 21-23 de la ed. de 1981; Juan José MARTÍN GONZALEZ, «El Alcázar de Madrid en el siglo XVI», *Archivo Español de Arte*, 1962, p. 15; Fernando MARÍAS, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo*, t. I, p. 168.

¹⁵ V. Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 49 v.: «Hase de tener advertencia de que se tenga cuenta con las puertas que se han de guardar en los altos vengan con las vueltas del caracol porque si esto no se considera podra ser que vengan las vueltas por medio de las puertas; si no verse en que altura viene la puerta y en quantas piedras da vuelta el caracol y si viene lo uno con lo otro, sino quitar un pedazo de lo alto u ancho de las gradas u añadirles como mas convenga u comenzar el caracol mas atras u adelante como mas necesario fuere, de manera que venga a salir bien con las puertas forzosas que se han de guardar»

pequeña franja; esto se resuelve con elegancia delimitando el peldaño no con dos radios sucesivos, sino con un radio y una tangente al machón paralela al radio siguiente; la separación entre la tangente y el radio equivale a la mitad del grosor del nabo, que es el ancho de la banda en la que cada *paso* apoya sobre el siguiente. Merece la pena comparar esta solución con la de Alonso de Vandelvira [283];¹⁶ en el *Libro de trazas de cortes de piedras* los peldaños son aproximadamente de veinte grados y el machón es mayor en términos relativos; ambas circunstancias hacen imposible trazar el peldaño de la misma manera, y así uno de los lados largos sigue siendo un radio de la caja, mientras que el otro es tangente al machón, pero no paralelo a la arista del peldaño superior; como consecuencia, la franja donde un peldaño apoya sobre el otro no es de lados paralelos, sino triangular.

Hemos obtenido así una plantilla mixtilínea 1 2 10 3 4 8 que nos permite comenzar la labra del peldaño; el arco 1 2 nos da el machón, el radio 1 4 y la tangente 2 3 los lados del *paso* y la curva 3 4 el extremo que se enrasa con el paramento exterior de la caja para conseguir el mayor empotramiento posible. El peldaño se puede labrar *de cuadrado* sin más, dándole la forma de esta plantilla por la cara superior e inferior; la solución es relativamente frecuente, pero es simplista y peligrosa si la altura libre de la escalera no es mayor que la estrictamente necesaria.

Para mejorarla tanto Aranda como Vandelvira nos proponen *robar* cada peldaño por su cara inferior materializando un helicoides desarrollable. La operación es fácil de realizar pasando una regla en posición horizontal desde el machón hasta el encuentro con la pared, y se realiza antes de asentar la pieza, aun a riesgo de mellar la arista. Oigamos a Vandelvira: «luego labrarás a regla lo que hay de la línea E a la línea y arista F que es lo que hay en la grada de la G a la H, luego asentarás una grada sobre otra de manera que la línea I venga con la línea D R» En cambio, este *robo* no afecta al anillo 5 3 4 6, que se deja con las dos caras horizontales lo que simplifica su encuentro con la pared.¹⁷

Otro problema que se plantea Aranda es la labra del pasamanos. Se trata de una superficie muy compleja generada por una sección mixtilínea que se desliza a lo largo de una hélice; pero no se trata de una superficie

¹⁶ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f 49 v.-50 r. V. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 112-113, y Juan GARCÍA BERRUGUILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, Madrid, Francisco Mojados, 1747, pp. 108-109, con una solución próxima a la de Vandelvira.

¹⁷ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 49 v. V. José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*, pp. 109, 103.

Figura 282. Amedée-Louis
Frézier, *Traité de
stéréotomie*, t. I, lám.20.

Figura 283. Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas
de cortes de piedras*, f. 50 r.

Figura 284. Escalera de acceso al coro en la abadía de La Mota en Alcalá la Real.

de traslación, puesto que la sección va girando de manera que siempre queda contenida en un plano vertical que pasa por el eje de la hélice.

Aranda va a abordar el problema mediante dos simplificaciones sucesivas; primero asimilará las hélices que genera la sección en su movimiento a arcos de elipse, y después estos arcos de elipse a arcos de circunferencia, empleando el método descrito en la *difinition* primera de esta tercera parte. En primer lugar identifica un segmento de hélice con un el arco de elipse resultado de proyectar el círculo de la planta sobre un plano inclinado que pasa por las intersecciones de dos tabicas no consecutivas con la hélice y tiene por línea de máxima pendiente la recta que une las dos intersecciones. El segmento de hélice que vamos a obtener será así el correspondiente a dos huellas; esta elección demuestra mucho sentido práctico, porque si Aranda hubiera tomado más de dos huellas la hélice se hubiera alejado demasiado de la elipse, y la inexactitud del procedimiento podría ser apreciable; pero tomando dos la mantiene dentro de límites aceptables y puede utilizar la tabica intermedia para medir la distancia entre la cuerda y el arco.

Podríamos realizar la construcción apoyándonos en la cuerda de la proyección horizontal del arco G, pero Aranda prefiere trazarla por separado, sin duda «para no entoscar la traza». Así llevamos la longitud de G aparte y sobre una perpendicular levantada en su extremo llevamos el desnivel ente los dos extremos del arco de elipse; como hemos tomado dos huellas, este desnivel serán dos *cuartas*; todo está hecho para simplificar el trazado. A continuación abatiremos el arco de elipse con eje en su cuerda hasta llevarlo al plano vertical que pasa por ésta. El punto medio del arco de elipse se moverá en un plano perpendicular a su cuerda; por tanto su abatimiento estará sobre la perpendicular a la cuerda trazada por su punto medio, y distará de este último punto la sagita del arco de elipse, que no es otra que la flecha de G. Tenemos así tres puntos del arco de elipse; Aranda no nos dice como los une, pero a la vista de otros ejemplos anteriores, podemos suponer que los enlaza con el compás mediante el procedimiento de los «tres puntos perdidos», esto es, con un arco de círculo; al haber tomado sólo dos peldaños, la separación entre el arco de elipse y el de circunferencia no será significativa.

Las sencillez y eficacia funcional de la escalera hacen que se extienda por Francia y España con un gran número de ejemplos;¹⁸ baste citar el de la

¹⁸ François BOUDON, y Jean Blecon, «Le vis, la marche et le noyau: leurs relations au début du XVI siècle», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, p. 75.

Abadía de la Mota [284], realizado por Miguel de Bolívar, que presenta gran interés para nosotros, no sólo por la posterior vinculación a Martínez de Aranda a la iglesia abacial, sino porque la estría que recorre el machón relaciona la pieza también con el *Caracol de Mallorca* que veremos más adelante y porque al quedar incompleta nos ofrece una imagen muy gráfica de la construcción de esta pieza.¹⁹

Caracol de husillo de dos subidas

Para trazar este dicho caracol de husillo de dos subidas le formarás la planta circular como parece la circunferencia **A** la cual dicha circunferencia sirve de caja para la parte de adentro del dicho caracol y esta dicha caja repartirás en los pasos que te pareciere supongo que se repartió en dieciocho pasos y cada paso ha de tener una tercia de alto de manera que dando los dichos dieciocho pasos una vuelta vienen a ganar dos subidas que son seis varas de medir de alto que le caben tres varas a cada subida con el grueso de sus pasos y a estos dichos pasos añadirás la mitad del grueso del macho y sacarás las plantas por caras **B C** para plantarlas de cuadrado antes que se haya de robar las cuales dichas plantas se han de sacar cada una de por sí conforme se sacó la planta por cara en el caracol de husillo a 227 planas de este libro eceto que no han de llevar estas dichas plantas más de la mitad del macho cada una como parece por la línea que divide el dicho macho señalada con la **D** y los dichos pasos se han de robar con los robos que tuvieren las dichas plantas que queden los hueros y lechos altos y bajos de cuadrado conforme se hizo en el dicho caracol de husillo y háse de advertir que aunque se ha dado declaración de dos plantas bastará que se labren los dichos pasos con una porque entrambas tienen una razón por que no sirve sacar dos plantas más de por que se vea como han de ir puestos los pasos uno contra otro en cada hilada

En esta traza Aranda introduce por primera vez una escalera de doble helicoide [285]. El tema despertó interés en Francia y en Italia a partir de la

¹⁹ V. p. 223.

construcción de la escalera doble de Chambord en 1519-1526;²⁰ en tierra itálica encontramos el pozo de San Patricio en Orvieto, de 1527-37, de Antonio de Sangallo el joven;²¹ pero se reconoce la preeminencia francesa, hasta el punto de que Palladio incluirá en sus *Quattro libri* la escalera de Chambord corregida y aumentada, y no la de Orvieto.²² En España los ejemplares contruidos son más tardíos, como la del convento de Santo Domingo de Bonaval de Santiago de Compostela, de tres subidas, realizada por Domingo Antonio de Andrade en 1695.²³ En cambio, llegan antes a México, como el de la catedral de Pátzcuaro, de mediados de siglo XVI, desaparecido en el XIX y que encuentra su eco en el palacio de los Condes de San Mateo de Valparaíso, en 1769-1772.²⁴ Se trata de disponer la segunda hélice girada ciento ochenta grados respecto a la primera. Así, si la primera subida arranca de C, después de describir un giro de ciento ochenta grados habrá llegado al plomo de B; como la segunda arranca precisamente de B, la primera deberá haber ascendido de C a B lo suficiente como para dejar vía libre a una persona. Esto tiene varias consecuencias; por una parte, si la primera subida asciende de C a B como para dejar altura suficiente, el paso de la hélice o, dicho de otro modo, lo que ésta sube en una vuelta completa, deberá ser al menos el doble que en una escalera de caracol convencional; esto permite que en cada vuelta la escalera ascienda dos plantas, pero a costa de conectar planos dispuestos al

²⁰ Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, París, B. Bauge, 1854, t. V, pp. 306-307; Jean GUILLAUME, «L'escalier dans l'architecture française: la première moitié du XVIe siècle», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, p. 33; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *De la Renaissance à la Révolution*, p. 64-66.

²¹ Giorgio VASARI, *Le vite de' più eccellenti architetti, pittori et scultori italiani*, Florencia, Lorenzo Torrentino, 1550, p. 876; James S. ACKERMAN, «Architectural practice in the Italian Renaissance», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1954, p. 5.

²² Andrea PALLADIO, *I quatri Libri d' Architettura*, L. I, f. 65. La escalera de Chambord interesa a Felipe II; cuando Gaspar de Vega le escribe que «no hay una buena escalera en todo el edificio [de Fontainebleau]» Felipe II anota: «Que hizo bien en escribirme todo esto y asi lo hiziera en verlas más particularmente, y la de Xamburg que dexo que dicen es la mejor como lo dira alla el Marques de Cortes que la vio». V. Catherine WILKINSON, «The Escorial and the invention of the Imperial Staircase», *Art Bulletin*, 1975, p. 78; George Edward KUBLER, *Building the Escorial*, 1982 (Tr. española de Fernando Villaverde, *La obra del Escorial*, Madrid, Alianza, 1993, p. 38); Fernando CHECA, «El estilo clásico», en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, Madrid, Cátedra, 1989, pp. 256, 262; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, «La arquitectura de Felipe II», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, Madrid, Fundación Argentaria, 1998, p. 492; Jean GUILLAUME, «L'escalier dans l'architecture française: la première moitié du XVIe siècle», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, pp. 33-34.

²³ Antonio BONET CORREA, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, pp. 395-396 y «Galicia Barroca», en *Galicia no tempo. Conferencias / otros estudos. Nuevas visiones en torno a la temática de Galicia no tempo*, Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, 1991, pg 192, 193.

²⁴ Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, «Aproximación al estudio de la construcción en la Nueva España», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 244-245.

tresbolillo, porque en el primer tramo el caracol pasa del piso bajo, a la derecha, al primer piso, a la izquierda; en el segundo tramo completa una vuelta, y llega al segundo piso, a la derecha; después llegará al tercer piso, a la izquierda, y así sucesivamente.

Por todo esto resulta un poco débil la justificación de estas escaleras en términos funcionales. Vasari nos dice que en Orvieto

se bajaba hasta el fondo por dos escaleras de caracol de esta manera: que las bestias iban a por el agua, llegando hasta el fondo por la rampa destinada solamente a bajar, y llegadas al puente donde se carga el agua, sin dar la vuelta, pasaban a la otra rama de la escalera, que estaba sobre la de bajada y llegaban arriba, y por una puerta distinta y contraria de la primera, salían fuera del pozo.²⁵

Pero si en Orvieto la doble escalera servía para evitar que los mulos que subían y bajaban se cruzasen, no están tan claras las ventajas funcionales de una escalera así en un edificio. En un palacio puede ser útil separar las circulaciones de las cortes del Rey y la Reina,²⁶ o en un convento las de frailes y legos; pero si las plantas ocupadas por unos y otros están dispuestas al tresbolillo, esta mejora pierde sentido. Incluso Vasari aprecia el caracol de Orvieto en términos que tienen poco que ver con lo pragmático: «cosa ingeniosa de capricho y maravillosa de belleza».²⁷ Palladio intenta justificar la escalera de Chambord en términos vagamente funcionales: «puede servir a cuatro apartamentos, sin que los que en uno viven, vayan por la escalera del otro», pero en realidad lo importante es el puro espectáculo visual: «y por ser vacía en el centro, todos se ven unos a otros subir y bajar sin ningún impedimento; y porque es bellísima invención, y nueva, yo la he puesto [en los *Quattro Libri*]».

²⁵ Giorgio VASARI, *Le vite de' piú eccellenti architetti ...*, 1550, p. 876: « si scendesse sino in su 'l fondo per due scale a lumaca doppie in questa maniera: che le bestie andavano per l'acqua, entrando per una porta, calassino sino in fondo, per la lumaca deputata solamente a lo scendere, et arrivate su 'l ponte dove si carica l'acqua, senza ritornare in dietro, passassino a l'altro ramo della lumaca, che si agira sopra quello della scesa, e se ne venissino suso e, per un altra porta diversa e contraria alla prima, riuscissino fuori del pozzo».

²⁶ V. Juan José MARTÍN GONZALEZ, «El Alcázar de Madrid en el siglo XVI», *Archivo Español de Arte*, 1962, p. 15.

²⁷ Giorgio VASARI, *Le vite de' piú eccellenti architetti ...*, 1550, p. 876: «cosa ingegnosa di capriccio e maravigliosa di bellezza».

Figura 285. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 230.

Figura 286. Escalera del castillo de Chambord. Copia de Andrea Palladio, I quattro libri dell'architettura, l. I, f. 69, en el Manuscrito anónimo de arquitectura y cantería, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 12744.

Caracol de husillo de dos subidas

Martínez de Aranda nos da en cambio una solución pragmática hasta el límite, de dimensiones mínimas como las escaleras medievales embutidas en muros y pilares.²⁸ Las dos subidas están aisladas visualmente por el machón; y además los condicionantes antropométricos son estrictos. La escalera debe subir en media vuelta lo suficiente para dejar altura suficiente para una persona, después de descontar el grueso de los peldaños. Si el *Caracol de husillo* subía tres varas de medir en una vuelta, en este *caracol* hay que subir las tres varas en media vuelta, y por tanto el paso de la hélice será de seis varas o dieciocho pies. Pues bien, Aranda pretende resolver esto con un diámetro de caja prácticamente igual al empleado en el *Caracol de husillo*, a juzgar por el tamaño de las puertas.

Para lograrlo, modifica dos variables de la *traza* anterior; en lugar de doce escalones dispondrá dieciocho, pero además cada uno de los peldaños tendrá de tabica no un palmo o *cuarta* sino un pie o *tercia*. Parece que se intuye la regla actual según la cual la suma de la huella y dos contrahuellas debe ser constante; si se disponen más escalones y la huella disminuye, la tabica debe ser más alta. En cualquier caso, dieciocho tercias son seis varas; con estos dos cambios, hemos conseguido doblar el paso del helicóide.

Una vez se han fijado de esta manera las dimensiones del *caracol*, se puede comenzar la *traza* de los peldaños, que esta vez se asimilan a sectores de círculo de treinta grados. Para que apoyen sobre el inferior se añade a cada uno una franja, trazando el *paso* con un radio y una tangente al núcleo paralela al radio siguiente; la tangente y el radio quedan separados una distancia igual a la mitad del diámetro del machón, que equivale al ancho de la franja en la que cada *paso* apoya sobre el siguiente. Todo esto es idéntico al procedimiento del *Caracol de husillo*, pero hay una diferencia; aquí hay dos peldaños al mismo nivel, uno por cada subida. Aranda, con buen sentido constructivo, reparte el machón entre los dos peldaños del mismo nivel, de manera que la junta entre los dos vaya girando en cada hilada.

²⁸ Cf. Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 120 r.: «On les peult aussi faire doubles, c'est a dire a doubles montées pour servir à deux corps d'hostel, tellement qu'on y pourra monter des deux costez, sans que l'un des montans soit veu de l'autre, & se puissent incomoder aucument». V. Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, París, B. Bauge, 1854 (Tr. esp. del artículo «Construction» de Enrique Rabasa, *La construcción medieval*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, p. 210), y sobre pragmatismo y representación, Jean GUILLAUME, «Genèse de l'escalier moderne», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, p. 9.

Hemos trazado de esta manera una plantilla mixtilínea formada por un diámetro y dos arcos del machón, un radio, una tangente al nabo y la curva 3 4 del lado exterior que como en la *traza* pasada se empotra en el muro. El peldaño se puede labrar simplemente *de cuadrado*, pero para mejorar esta solución demasiado simple Aranda recomienda *robar* cada peldaño por su cara inferior hasta materializar un helicoide desarrollable, que se acaba pasando una regla horizontal desde el machón hasta la pared.

*Caracol en vuelta que dicen vía de san Gil de bóveda concurriente
alrededor de un macho redondo de hiladas concurrientes*

Para trazar este dicho caracol en vuelta de bóveda concurriente alrededor de un macho redondo le formarás la planta como parece entre las circunferencias **A B** la circunferencia **A** es el macho sobre que carga la dicha bóveda y la circunferencia **B** es la pared o caja sobre que carga la dicha bóveda y asimismo formarás el arco **C** sirve para la circunferencia de la bóveda y a este dicho arco le entrarás los bolsores en cuadrado para haberlos de robar y les bajarás los plomos de cuadrado que toquen en el diámetro **D** y estos dichos plomos circundarás la planta adelante desde el centro del dicho macho para sacar las plantas por caras supongo que quieres labrar una pieza conforme a la planta por cara que está entre los cuatro ángulos 1 2 3 4 y a esta dicha planta por cara le sacarás sus plantas por lechos como se hizo en la tercera difinition de esta tercera parte figuras **Q R** como parece la planta por lecho **E** que se sacó para el lado cavado **F** de la dicha planta por cara desde el punto 1 al punto 3 y la planta por lecho **G** se sacó para el lado redondo **H** de la dicha planta por cara desde el punto 2 al punto 4 y han de quedar las testas de las dichas plantas por lechos fuera de la subida del caracol con el alto que tuviere el cuadrado de su bolsor **I** y para labrar esta dicha pieza la labrarás primero de cuadrado con la forma que tuviere la dicha planta por cara y con el ancho y alto que tuviere la dicha planta por cara y con el ancho y alto que tuvieren los cuadrados de las dichas plantas por lechos que están entre los ángulos 5 6 7 8 9 10 11 12 y después de labrada la dicha pieza de cuadrado con la forma arriba dicha la robarás primera vez por lo alto y por lo bajo con los robos que causare la subida del dicho caracol que quede la dicha

pieza engauchida como se hizo en la dicha tercera difinition de esta tercera parte figura **S** que venga a quedar por las juntas alta y baja con el ancho y alto que tuviere el cuadrado de su bolsor que es la figura **I** y después la robarás segunda vez por la cara lechos y tardos con los robos que causare su bolsor en el dicho cuadrado **I** robándole por la cara baja con la cercha extendida **L** que se extendió con el alto que le cupiese de la subida del caracol y con el largo de la circunferencia **b** y la robarás por el tardos con la cercha extendida **M** que se extendió con el alto que le cupiese de la subida del dicho caracol y con el largo de la circunferencia a las cuales dichas cerchas se han de extender por circunferencia concurriente como se hizo en la primera difinition de esta tercera parte figura **B** y de esta manera se han de labrar y robar todas las demás piezas de este dicho caracol

Es la primera vez que nos encontramos a lo largo del manuscrito de Aranda con una traza con nombre propio [287]. Se trata de la conocidísima «Vis de Saint-Gilles» de la tradición francesa, llamada así en recuerdo que la que todavía subsiste entre las ruinas de la abadía de Saint-Gilles du Gard, en Languedoc. Con sutileza, Aranda no hace suyas estas «denominaciones de origen» como gusta de llamarlas Pérouse de Montclos; nos habla del *Caracol en vuelta de bóveda concurriente ... que dicen Vía de San Gil*. Para Aranda se trata de una idea general, el *caracol en vuelta de bóveda concurriente ...* y si lo identifica con la escalera concreta de Saint-Gilles es sólo para hacerse entender mejor.²⁹

La dificultad del «corte» justifica su fama legendaria. Se trata de una bóveda anular, como la del patio del Palacio de Carlos V en Granada, pero con la dificultad añadida de la pendiente. Está indicada para escaleras o rampas de cierta luz, en las que convenga dar forma abovedada al techo de la primera vuelta, que hará las veces de suelo de la segunda; no tiene sentido emplearla en el arranque de la escalera si puede apoyar en el suelo y no se puede ver el intradós de la bóveda. La sección curva resuelve el

²⁹ V. Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 122 v., 123 v. En contraste con Aranda, Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 52 v., sí precisa: «Llámase Vía de San Gil porque está puesta por obra en una villa que se llama San Gil en Francia». V. Fernando MARÍAS, «Materiales y técnicas: viejos fundamentos para las categorías arquitectónicas del Quinientos», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, p. 265; Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, Memoria de oposición a la Cátedra de Geometría Descriptiva, Universidad Politécnica de Madrid, 1997, pg 55.

despiece y evita que las piezas de piedra trabajen a flexión. La solución que nos ofrece Aranda no se ocupa del trasdós; será necesario acabar la escalera después, bien con un relleno y solado si se trata de una rampa, bien con peldaños.

El tipo tiene un precedente en escaleras bizantinas y de la Antigüedad tardía; Pérouse de Montclos se pregunta si los arquitectos del románico conocerían el primer tramo de la rampa helicoidal del Mausoleo de Adriano, hoy Castel Sant'Angelo, uno de los escasos ejemplos de la estereotomía clásica. La datación del modelo de Saint-Gilles-du-Gard es incierta; oscila entre el final del siglo XII y la década de 1520; pero varios ejemplos franceses, los de la escalera de la Tour de Plomb de la catedral de Sens entre 1180 y 1200, la de Notre-Dame d'Eu, las torres del Rey y el Obispo en Uzès y la escalera del Tesoro de la catedral de Mantes, de los siglos XIII y XIV, atestiguan su origen medieval; después de verse oscurecida en el Alto Gótico por los *husillos* reaparece a comienzos del siglo XVI ligada a la figura de Martin Chambiges, que ejecuta los transeptos de las catedrales de Sens, Troyes y Beauvais, y quizá los de Saint-Gervais y Saint-Merri de París y pasa al Renacimiento a través del Chateau de Madrid, citado por De L'Orme como ejemplo de virtuosismo canteril.³⁰

Nos encontramos por tanto ante una *traza* románica, aunque tenga origen en la Antigüedad tardía, y típicamente francesa; por el contrario, los ejemplos españoles, como los que suben a las tribunas de los arcos torales de la Catedral de Granada, comenzados en 1537, son muy raros.³¹

Al contrario que en los dos «cortes» anteriores, Martínez de Aranda no fija la métrica de la escalera, ni siquiera como ejemplo. En las dos trazas anteriores todo estaba en función del peldaño, especialmente la dimensión vertical de la escalera. En este caso no podemos hablar de peldaños, porque la bóveda que estamos intentando trazar vale tanto para escalera como para rampa. Aranda va a dividir la bóveda en sectores que le van a ayudar en el trazado del mismo modo que antes le ayudaban los peldaños; como dice Vandelvira: «que haya de llevar pasos o no los has de trazar porque por ellos

³⁰ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 124 r.; Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle* (Tr. esp. del artículo «Construction» de Enrique Rabasa, *La construcción medieval*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, p. 246); *Entretiens sur l'Architecture*, pp. 353-354; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 144; «La vis de Saint-Gilles et l'escalier suspendu dans l'architecture française du XVIe. siècle», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, pp. 83-84; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 188-189.

³¹ Manuel GÓMEZ-MORENO *Las águilas del Renacimiento Español*, pp. 71, 74.

Figura 287. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 232.

Caracol en vuelta que dicen Vía de San Gil de bóveda concurrente

te has de gobernar para el capialzo que va haciendo el arco». La traza comienza como siempre representando la caja y el machón, y repartiendo la circunferencia en tantos sectores como nos convenga. En el dibujo, el tramo de bóveda que se representa incluye dos sectores y está muy próximo a los setenta y dos grados, lo que nos daría un sector de treinta y seis grados y una bóveda dividida en diez sectores por cada vuelta. En cualquier caso, a continuación nos apoyaremos en una de las divisiones de sector para trazar el corte de la bóveda, que tendrá forma de arco de medio punto, y repartiremos este arco en las dovelas necesarias, en este caso cinco.

Aranda va a resolver la traza *por robos*, como Alonso de Vandelvira [288], lo que no es obstáculo para emplear plantillas.³² Como hemos visto en otros casos, la esencia del método *por robos* es desbastar una envolvente de la pieza a partir de la cual el cantero se va acercando a la forma definitiva. Así, comienza la construcción trazando una envolvente rectangular de cada dovela, y llevando a la planta las proyecciones horizontales de sus lados, que serán arcos de círculo con centro en el del nabo. Philibert de L'Orme utiliza un método con las mismas bases [289]: tallar la dovela *por robos* auxiliándose de plantillas y baiveles dada su complejidad; pero de acuerdo con la costumbre francesa, se refiere a él como labra «par panneaux».³³

Para preparar la labra de una dovela concreta, Aranda parte de la *planta por cara* determinada por dos de arcos de estos círculos, 1 3 y 2 4, y dos divisiones de sector, 1 2 y 3 4. No estamos ante una *planta por cara* habitual, pues no representa el intradós de la pieza definitiva sino de su primera envolvente. El paso siguiente es obtener las *plantas por lecho*, lo que se hace por el método de la *definition* tercera de esta tercera parte, para labrar piezas *engauchidas*, esto es, que tienen caras en las que los cuatro vértices no están en el mismo plano. Se trata simplemente de tomar la cuerda de uno de los dos lados curvos de la *planta por cara*, por ejemplo 1 3, y llevarla aparte formando la base de una construcción auxiliar 5 6; por el extremo 6 levantaremos una perpendicular sobre la que llevamos la altura de la envolvente I para obtener un punto ; a partir del otro extremo trazamos un segmento ortogonal sobre el que tomamos primero una distancia igual la décima parte del paso de la hélice de la escalera para obtener el punto . A continuación, desde llevamos la altura de I para

³² Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 52 v; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 120 - 123.

³³ V. también Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, pp. 131-132.

obtener el punto 7. Uniendo el otro extremo de la base 6 con , y con 7 tendremos la *planta por lecho* E con forma de romboide. Del mismo modo obtendremos la otra *planta por lecho* G.

La labra se desarrolla en tres fases. En primer lugar se labra *de cuadrado* un prisma mixtilíneo que tiene por base la *planta por cara* 1 2 3 4 y por altura la de las *plantas por lecho* 6 8; recordemos que esa altura es la suma de la altura de la envolvente I y de la distancia 5 □ que asciende la bóveda en un sector, en este caso la décima parte del paso de la hélice de la escalera.

En la segunda fase se aplican a esta primera envolvente las dos *plantas por lecho* para *robar* dos cuñas, una por arriba y otra por abajo. La *planta* del lado cóncavo E se puede aplicar directamente, mientras que la del lado convexo tocará al bloque por el centro y se separará por los extremos; marcar el perfil de las plantas sobre las caras del bloque con almagra o con un punzón requiere habilidad. Una vez hecho esto, *la robarás primera vez por lo alto y por lo bajo con los robos que causare la subida del dicho caracol* de forma que quede el bloque *engauchido*, esto es, que las caras superior e inferior no tengan los cuatro vértices coplanares y de tal manera que en las dos testas obtengamos el perfil de la envolvente I.

Obtenida esta segunda envolvente podemos abordar la tercera y definitiva fase, que consiste en marcar sobre ambas testas el perfil de la dovela inscrito en la envolvente I y en *robar* cuatro cuñas, una por el trasdós, otra por el intradós y dos por las caras de lecho, para materializar la forma de la dovela.

Para ayudarnos en esta fase podemos utilizar *cerchas extendidas*. En principio no son necesarias ni para el arco 1 3 ni para el 2 4, porque ambos quedaron definidos al utilizar la *planta por cara*, pero sí para las dos aristas intermedias a y b. La idea es una vez más, la misma de la primera *difinition* de esta tercera parte:³⁴ el problema se aborda mediante dos simplificaciones sucesivas; primero se asimilan las hélices que genera en su movimiento la sección de la bóveda a arcos de elipse; y después estos arcos de elipse se trazan como arcos de circunferencia. Aranda identifica un segmento de hélice con un el arco de elipse que resulta al proyectar uno de los círculos de la planta, por ejemplo el que pasa por a, sobre un plano inclinado que pasa por las intersecciones de a con las caras de testa de la dovela y tiene por línea de máxima pendiente la que une las dos intersecciones. A partir de ahí, se traza por separado un segmento con la longitud de la cuerda de a y

³⁴ V. p. 181. Cf. también la *Difinition* primera de la segunda parte del manuscrito, p. 9.

Figura 288. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 52 v.

Figura 289. Philibert de l'Orme, Le premier Tome de l'Architecture, f.125 v.

Figura 290. Amedée-Louis Frézier, Traité de stéréotomie, t. II, lám.62.

sobre una perpendicular levantada en su extremo tomamos el desnivel entre las dos caras de testa, tal como 5 . Después abatimos el arco de elipse con eje en su cuerda hasta llevarlo al plano vertical que pasa por ésta; el punto medio del arco de elipse se moverá en un plano perpendicular a su cuerda y su abatimiento estará sobre la perpendicular a la cuerda trazada por su punto medio, a una distancia igual a la flecha del arco de elipse, es decir, la sagita de *a*. Contamos con tres puntos del arco de elipse, y podemos suponer que Aranda los une con el compás mediante la regla de los «tres puntos perdidos».

Con esto tenemos materializadas las aristas de la dovela; las caras de testa ya quedaron definidas en la primera fase, pues son los planos verticales que pasan por las aristas rectas de la *planta por cara*; las caras de lecho y sobrelecho son planos que pasan por dos de estas aristas y su labra no tiene dificultad; las caras de intradós y trasdós también pasan por dos aristas que tenemos definidas, pero no son planos, ni siquiera superficies regladas, sino superficies engendradas por la sección de la bóveda al girar alrededor del eje de la escalera y ascender al mismo tiempo. Aranda no nos dice cómo se ha de labrar esta superficie, pero es probable que se hiciera mediante un baivel, ya que la curvatura de la bóveda en sentido radial es siempre la misma.

Caracol en vuelta en circunferencia de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo

Para trazar este dicho caracol en vuelta en circunferencia de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo le formarás la planta como parece entre las dos circunferencias *A B* la circunferencia *A* es el macho del dicho caracol sobre que carga el dicho cerramiento y la circunferencia *B* es la pared u caja del dicho caracol sobre que carga el dicho cerramiento el arco *C* es la circunferencia que ha de tener el dicho cerramiento y veras en cuántos pasos quisieres repartir la subida de este dicho caracol supongo que uno de las dichos pasos es la distancia que hubiere en la planta por cara *D* entre las líneas 1 2 y a esta dicha planta por cara le sacarás sus plantas por lechos como se hizo en la cuarta difinition de esta tercera parte figuras *Y Z* como parece la planta por lecho *E* que se sacó para el lado de la planta por cara 3 y la planta por lecho *F* se sacó para el lado de la planta por cara 1 y la circunferencia de estas dichas plantas por lechos han de tener la subida

que tuviere la circunferencia **C** y si estas dichas hiladas atravesadas quisieres despezar las despezarás unas en cinco piezas y otras en tres supongo que este paso se despezó en tres piezas como parece en los despiezos **G** y los extremos de estos dichos despiezos pasarás por la planta por cara y por las plantas por lechos como parece en los despiezos señalados con los números 4 5 6 7 y a estos dichos despiezos sacarás sus cuadrados para haberlos de robar conforme se hizo en la dicha cuarta difinition de esta tercera parte figura (**cruz**) el cuadrado **H** se sacó para robar la pieza por la circunferencia de la caja **B** y el cuadrado **I** se sacó para el despiezo 4 y el cuadrado **L** se sacó para el despiezo 5 y el cuadrado **M** se sacó para el despiezo 6 y el cuadrado **N** se sacó para el despiezo 7 y el cuadrado **O** se sacó para robar la pieza por la circunferencia del macho **A** y para labrar las piezas de esta dicha hilada las labrarás de esta manera supongo que quieres labrar la clave la labrarás primero de cuadrado con la forma que tuviere la planta por cara entre los cuatro ángulos **a b c d** que quede por los lechos con la forma que tuvieren entre los ángulos **e f g h** y venga a quedar por cada junta con la forma que tuviere el cuadrado que se sacó para aquel despiezo y la robarás con los rebajos y robos que tuvieren los dichos cuadrados y después robarás las tiranteces de las dichas juntas como parece en las líneas 8 9 y de esta manera se han de ir labrando todas las piezas que le cupieren a cada hilada de un paso que cada pieza alcance a toda la tirantez de los dos despiezos para que se pueda después de labrada robar la dicha tirantez

Nos encontramos aquí con una *traza* [291] relacionada en cierto modo con el modelo de Saint-Gilles-du-Gard pero que introduce diferencias apreciables con la anterior. Como en dicho «corte», nos encontramos con el problema de una escalera de caracol en la que la distancia entre machón y caja es demasiado grande para salvarla con una sola pieza de dimensiones normales, como se hacía en el *Caracol de husillo*.³⁵ Tendremos que emplear varias piezas, y una primera medida para asegurar su correcto comportamiento mecánico es darle forma de bóveda a la sección transversal de la escalera, como se hace en la «Vis de Saint-Gilles», con lo que conseguimos que las piezas trabajen solidariamente en sentido transversal.

³⁵ V. p. 188.

Figura 291. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de monte, pl. 234.

Caracol en vuelta en circunferencia de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo

Aquí se busca añadir a este efecto otro de unión entre las piezas en sentido longitudinal. Además de esta diferencia con la *Via de San Gil*, de gran importancia constructiva pero que queda oculta en el interior de la fábrica, tenemos otra más aparente: la cara superior de la escalera no refleja la bóveda de la cara inferior, pues las piezas son verdaderos peldaños que incorporan una huella horizontal.

Como en la *traza* anterior, Martínez de Aranda no fija la métrica de la escalera. La construcción comienza como tantas veces representando la caja y el machón y repartiendo la circunferencia en tantos peldaños como convenga. Más allá del radio que nos da uno de los extremos del peldaño se trazan no una sino dos franjas de lados paralelos; dos porque el engatillado hace que cada peldaño apoye sobre el inferior no sólo encima de su huella como en el *Caracol de husillo*, sino también sobre una pestaña en la parte inferior. Seguidamente se traza la sección transversal de la escalera, con la cara inferior C en forma de bóveda y la superior plana, y se reparte en el número de piezas apropiado, en principio tres; obtenemos así las *tiranteces* G y bajamos sus extremos superiores e inferiores hasta encontrar la planta, donde trazamos sus proyecciones 4 3 6 7.

A continuación podemos construir las *plantas por lecho* E y F basándonos en la sección transversal de la escalera que hemos trazado antes. Será necesario sin embargo tener en cuenta que como las franjas en las que apoya cada peldaño en el inferior son de ancho constante, el lado 3 del peldaño no es exactamente radial, por lo que la *planta* E es algo más ancha que la F, que corresponde al lado 1. También hay que considerar que entre 1 y 3 la bóveda ha ascendido progresivamente, lo que se refleja en E, del mismo modo que la tabica se representa en L.

Siguiendo un procedimiento similar al expuesto en la cuarta *definition* de esta tercera parte vamos a obtener ahora plantillas para los extremos de las tres piezas que forman cada peldaño, lo que nos da un total de seis, desde la H en el exterior hasta la O en el extremo empotrado en el machón. La mecánica es repetitiva pero simple: para trazar la I por ejemplo, tomamos el ancho de una de las dos fajas de apoyo; sobre ella levantamos el alto de la envolvente g h menos una tabica, lo que podemos tomar con facilidad de F; después tomamos el ancho de otra faja de apoyo; ahora levantamos sobre ella la tabica; a continuación tomamos de la cuerda de 4 el ancho de la huella incluida una faja de apoyo; seguidamente bajamos el alto de la envolvente h g menos una contrahuella, lo que tomamos fácilmente de E gracias a que hemos trazado por partida doble la sección de la bóveda; de nuevo tomamos el ancho de una faja de apoyo para reflejar la

pestaña que forma el segundo apoyo y por último cerramos la figura así obtenida.

La labra se desarrolla en tres fases sucesivas. Para obtener una pieza, por ejemplo la clave, comenzaremos desbastando un prisma mixtilíneo definido por los lados rectos **a d** y **b c** y los curvos dados por el tramo de 7 contenido entre **a** y **b** y el de 4 entre **d** y **c**; la altura vendrá dada por la de su envolvente **h g**. A continuación aplicaremos la plantilla **I** al lado 4 y la **N** al lado 7, marcando sus contorno con un trazador o con pluma de ganso y almagre; para materializarlos *robaremos* tres cuñas, una en la cara frontal y otra en la posterior que nos dan el perfil de los engatillados, así como una tercera en el infradós que nos dará una primera aproximación a la superficie de la bóveda. En la tercera fase se *roban* dos cuñas entre 4 y 8 y entre 9 y 7 para materializar las *tiranteces*, y aunque Aranda no lo diga explícitamente, también será necesario *afondar* la pieza por la cara de infradós para dar forma definitiva a la superficie de la bóveda.

*Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla de hiladas concurren-
tes alrededor de un macho Redondo*

Para trazar este dicho caracol en vuelta con el cerramiento plano a regla de hiladas concurren-tes alrededor de un macho redondo le formarás la planta como parece entre las circunferencias **A B** la circunferencia **A** es el macho del dicho caracol sobre que carga el dicho cerramiento plano y la circunferencia **B** es la pared que sirve de caja sobre que carga el dicho cerramiento plano y asimismo formarás el dintel que ha de llevar de grueso el dicho cerramiento y lo repartirás en las hiladas que te pareciere y les tirarás sus tiranteces y las entrarás en cuadrado para haberlas de robar como parece en el dintel que está entre las líneas **C D** y los plomos de estos dichos cuadrados circundarás por la planta desde el centro del dicho macho y sacarás las plantas por caras para plantarlas de cuadrado antes que se hayan de robar como parece en la dicha traza supongo que quieres labrar una pieza conforme a la planta por cara que esta entre los ángulos 1 2 3 4 y a esta dicha planta por cara le sacarás sus plantas por lechos como se hizo en la tercera difinition de esta tercera parte figuras **Q R** como parece en la planta por lecho **E** que se sacó para el lado cavado de la planta por cara **F** desde el punto 1 al punto 3 y la planta por lecho **G** se sacó para el lado redondo de la dicha planta por

cara **H** desde el punto 2 al punto 4 y han de quedar las testas de estas dichas plantas por lechos fuera de la subida que les cabe del caracol con el alto que tuviere el cuadrado de su bolsor desde el punto 5 al punto 6 y para labrar esta dicha pieza la labrarás primero de cuadrado con la forma que tuviere la dicha planta por cara entre los ángulos 1 2 3 4 y con el ancho y alto que tuvieren los cuadrados de las dichas plantas por lechos entre los ángulos 7 8 9 10 y después de labrada la dicha pieza de cuadrado con la forma arriba dicha la robarás primera vez por lo alto y por lo bajo con los robos que causare la subida del dicho caracol que venga a quedar la dicha pieza después de robada con la forma que tuvieren las dichas plantas por lechos entre los ángulos 8 10 11 12 y ha de quedar la dicha pieza por las juntas alta y baja con el ancho y alto que tuviere el cuadrado de su bolsor entre los ángulos 5 6 13 14 que venga a quedar la dicha pieza engauchida como se hizo en la dicha tercera difinition de esta tercera parte figura **S** y después la robarás segunda vez con los robos que causaren las tiranteces de su bolsor en el cuadrado que esta entre los ángulos 5 6 13 14 y el robo de la cara lo robarás con la cercha extendida **I** que se extendió con el alto que le cupiere de la subida del caracol y con el largo de la circunferencia **L** que está entre los puntos 15 16 y por el tardos se ha de robar con la cercha extendida **M** que se extendió con el alto que le cupiere de la subida del dicho caracol y con el largo de la circunferencia **N** desde el punto 17 al punto 18 las cuales dichas cerchas se han de extender por circunferencia concurriente como se hizo en la primera difinition de esta tercera parte figura **B** y de esta manera se han de labrar y robar todas las demás piezas de este dicho caracol

Esta *traza* [292] pretende resolver una escalera de caracol de acuerdo con el principio del arco adintelado; se trata de resolver la escalera con varias piezas de longitud menor que la luz libre entre caja y machón pero no con una sección de bóveda como en la *Via de San Gil* sino con una sección plana, jugando con un despiece de las dovelas en forma de arco. Si la «Vis de Saint-Gilles» es una bóveda anular rampante,³⁶ ésta sería una bóveda plana rampante.

³⁶ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 142.

Las bóvedas muy rebajadas góticas y renacentistas,³⁷ dejan paso a los primeros ejemplos de verdaderas bóvedas planas aparejadas, que aparecen en Francia a mitad del siglo XVI; se cuentan entre ellas la del castillo de Ecouen de antes de 1550 o la de Anet de 1552, sólo un poco anteriores a la frustrada de las cocinas del Escorial, seguida por la más ambiciosa y lograda del sotocoro de la basílica.³⁸ Tanto Pérouse de Montclos como Palacios dan por seguro que en las bóvedas francesas del siglo XVI y del siglo XVIII y en la escurialense se emplearon grapas metálicas de unión entre las dovelas u otros medios de sujeción, que Aranda no menciona.³⁹

Como en la *Vía de San Gil*, la solución de Aranda no incluye el peldañado, y puede ser usada como rampa, con lo que luciría su despiece por las dos caras, o acabada con peldaños en otro material. La traza da comienzo representando la caja y el nabo, y repartiendo la circunferencia en los sectores que adoptemos, en este caso diez. A continuación, trazaremos la sección con forma de dintel sobre una de las líneas divisorias de sector, repartiremos su cara superior en tantas partes como queramos, siempre en número impar, y repartiremos el dovelaje desde un centro situado en la mediatriz de la arista inferior del dintel.

³⁷ V. Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Crujería*, Valladolid, Universidad, 1998, pp. 127-130; Ramón RODRÍGUEZ CULEBRAS, «Morella. Iglesia de Santa María», *Catálogo de Monumentos y Conjuntos de la Comunidad Valenciana*, Valencia, Conselleria de Cultura, Educación y Ciencia, 1983, p. 558; Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, p. 98 y sobre todo «La arquitectura gótica del Maestrazgo en tiempos del Papa Luna», en *Benedicto XIII, el Papa Luna*, Zaragoza, Diputación General de Aragón, 1994, pp. 120-122; Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, pp. 135-137 y Alfredo VERA BOTÍ, et. al., *La catedral de Murcia y su Plan Director*, Murcia, Colegio de Arquitectos, 1994, pp. 97-98.

³⁸ Para Ecouen y Anet, Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, pp. 163, 166, 209; para El Escorial, José Carlos PALACIOS «La estereotomía en el Renacimiento. El Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, pp. 97-108, Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 116, 664, y José Miguel ÁVILA JALVO, «Análisis geométrico y mecánico de las bóvedas planas del Monasterio de San Lorenzo de El Escorial», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 29-33.

³⁹ Las grapas y engatillados no se mencionan en ningún texto específicamente canteril, salvo para desaconsejar su empleo, pero sí en obras fuera de esta tradición y en documentos de obra. V. Philibert de L'ORME, *Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais*, París, Federic Morel, 1561, f. 5 v. - 6; Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 157, 217, 221, 239, 353, 621; Enrique RABASA DÍAZ, «Arcos esviados y puentes oblicuos. El pretexto de la estereotomía en el siglo XIX», *OP*, 1996, p. 33; *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, pp. 51-52; «La bóveda plana de Abeille en Lugo», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, p. 409.

Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla de hiladas concurrentes

La labra se ejecuta *por robos*, pero dada su complejidad, también se utilizan *plantas*. La construcción da comienzo trazando círculos con centro en el eje del machón que pasan por las intersecciones de las *tiranteces* o líneas de reparto del dovelaje con ambas caras del dintel, con lo que hemos llevado a la planta el reparto del dovelaje en sentido longitudinal. Las divisorias de sector valen para repartir el dovelaje en sentido transversal, pero sólo en una de cada dos dovelas; en el resto será necesario adaptar divisorias intermedias con objeto de contrapear correctamente las dovelas.

Para labrar la dovela 1 3 4 2, Aranda toma la *planta por cara* formada por dos de arcos de círculo, 1 3 y 2 4, y dos divisiones de sector, 1 2 y 3 4. Esta *planta por cara* no representa una cara de la pieza sino de una primera envolvente. A continuación se obtienen las *plantas por lecho* por el método de la *definition* tercera de esta tercera parte, labrando piezas *engauchidas* con dos caras de vértices no coplanares; para ello ha de tomar la cuerda de uno de los dos lados curvos de la *planta por cara* como 1 3, y trazarla por separado formando la base de una construcción auxiliar 7 10; por el extremo 10 levanta una perpendicular sobre la que lleva el canto del dintel para obtener un punto 12; a partir del otro extremo 7 traza otra perpendicular sobre la que toma primero una distancia igual al desnivel que corresponde al sector, en este caso la décima parte de lo que asciende la escalera en una vuelta, obteniendo así el punto 11, y a partir de éste el canto del dintel para fijar el vértice 8. Trazando un romboide de vértices 10 12 8 11 tendremos la *planta por lecho*, y del mismo modo podemos trazar la correspondiente a 4 2.

La labra se desarrolla en tres fases, como en la *Vía de San Gil*. Se comienza labrando *de cuadrado* una primera envolvente formada por un prisma mixtilíneo que tiene por base la *planta por cara* 1 2 3 4 y por altura la de las *plantas por lecho* 7 8. En la segunda fase se marcan sobre esta primera envolvente las dos *plantas por lecho* con la dificultad que esto supone al tratarse de dos caras una cóncava y otra convexa; una vez marcadas *robaremos* dos cuñas, una por arriba y otra por abajo, obteniendo así una segunda envolvente más cercana a la forma definitiva.

Para abordar la tercera fase de la labra marcaremos sobre ambas testas el perfil de la dovela 5 6 14 13 y *robaremos* dos cuñas por las caras de lecho, para materializar la forma de la dovela. Para esto no precisaremos *cerchas extendidas* para los arcos 1 3 y 2 4, porque ambos quedaron definidos al utilizar la *planta por cara*, pero sí para las dos aristas intermedias 16 15 y 13 17. Como en otros casos, se trata de emplear dos simplificaciones

sucesivas; primero se identifican las hélices que genera la sección del dintel a girar y ascender con arcos de elipse; y después estos arcos de elipse se asimilan a arcos de circunferencia. Se identifica un segmento de hélice con el arco de elipse que resulta al proyectar el círculo en el que está incluido 1 3 sobre un plano inclinado que pasa por las intersecciones del círculo con las caras de testa de la dovela y tiene por línea de máxima pendiente precisamente la que une las dos intersecciones. Después se lleva aparte un segmento con la longitud 1 3 y sobre una perpendicular levantada en su extremo llevamos el desnivel entre las dos caras de testa 7 11, y abatimos el arco de elipse con eje en su cuerda hasta llevarlo al plano vertical que pasa por ésta; el punto medio del arco de elipse se desplazará en el abatimiento en un plano perpendicular a su cuerda y su imagen estará sobre la perpendicular a la cuerda trazada por su punto medio, a una distancia igual a la flecha del arco de elipse, es decir, la sagita de 1 3. Contamos así con tres puntos del arco de elipse, y podemos suponer que Aranda los une con el compás mediante un arco de círculo. Una vez trazada esta línea sobre la cara del bloque no queda más que materializar la superficie 1 3 15 16, lo que esta vez no tiene grandes dificultades por tratarse de una reglada. De la misma manera obtendremos 13 2 4 17, con lo que terminamos la labra de la dovela.

Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo

Para trazar este dicho caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla alrededor de un macho redondo de hiladas atravesadas le formarás la planta como parece entre las circunferencias A B la circunferencia A es macho del dicho caracol y la circunferencia B es la pared que sirve de caja del dicho caracol y asimismo formarás el grueso u alto que ha de tener cada paso u hilada atravesada como parece entre las líneas C D y veras en cuántos pasos quisieres repartir la subida de una vuelta del dicho caracol a uno de los dichos pasos le sacarás su planta por cara para plantarla por cuadrado antes que se haya de robar como parece la planta por cara E que está entre los cuatro ángulos 1 2 3 4 y a esta dicha planta por cara le sacarás sus plantas por lechos como parece la planta por lecho F que se sacó para el lado de la planta por cara 5 desde el punto 1 al punto 2 y la planta por lecho G se sacó para el lado de la planta por cara 6 desde el punto 3 al punto 4 y han de tener estas

dichas plantas por lechos de alto lo que tuviere de grueso el paso entre las líneas **C D** y si ha estos dichos pasos atravesados quisieres despezar los despezaras en cinco y en tres piezas como parece en las tiranteces **H** y los extremos de estas dichas tiranteces pasarás por la dicha planta por cara y plantas por lechos como parece en los despiezos **7 8 9 10** y a estos dichos despiezos les sacarás sus cuadrados para haberlos de robar como se hico en la cuarta difinition de esta tercera parte figura **V** el cuadrado **I** se sacó para robar la pieza por la circunferencia de la caja **B** y el cuadrado **L** se sacó para el despiezo **7** y el cuadrado **M** se sacó para el despiezo **8** y el cuadrado **N** se sacó para el despiezo **9** y el cuadrado **O** se sacó para el despiezo **10** y el cuadrado **P** se sacó para robar la pieza por la circunferencia del macho **A** y para labrar las piezas de este dicho paso las labrarás de esta manera supongo que quieres labrar la primera pieza de hacia la pared la labrarás primero de cuadrado con la forma que tuviere la planta por cara entre los cuatro ángulos **2 4 11 12** y por los lechos con la forma que tuvieren las plantas por lechos entre los ángulos **13 14 15 16** que venga a quedar por la junta que alcanza al despiezo **8** con la forma que tuviere el cuadrado **M** y después de labrada por cuadrado la robarás por la dicha junta **8** con los robos que tuviere el dicho cuadrado **M** y por la circunferencia de la caja la robarás con los robos que tuviere el cuadrado **I** y el robo del capialzo bajo que esta entre los **I M** entre los puntos **17 18 19** no ha de pasar de la circunferencia de la caja **B** y los robos de la tirantez de los lechos alto y bajo ha de pasar por la pared y por el macho en la pieza que le cupiere y después de labrada y robada la dicha pieza como arriba es dicho se ha de robar por la junta entre los dos despiezos como parece en la línea de la tirantez **20** y de esta manera se han de ir labrando todas las piezas que le cupieren a cada paso que cada pieza alcance a toda la tirantez de los dos despiezos y si las piezas alcanzaren a toda la planta del paso no será menester despezarla ni sacar más de los dos cuadrados **I P** que es el de la caja y el macho

En el *Caracol en vuelta ... de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo* Aranda nos presentaba una solución alternativa a la *Vía de San*

*Gil*⁴⁰ basada en el uso de un engatillado para mejorar la trabazón de las piezas en sentido longitudinal o, dicho con más precisión, en el de las generatrices del helicoide ideal que define la escalera.⁴¹ Con esta *traza* [293] se pretende mejorar el comportamiento mecánico del *Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla* ... que acabamos de ver aplicando un artificio semejante. Semejante y no idéntico, porque aquí no sólo se le da a las piezas una sección engatillada de forma que cada peldaño apoye sobre el inferior, sino que además las juntas se disponen en un plano que contiene, o al menos se aproxima, a las normales del helicoide que aquí define la cara inferior de la escalera. Esta no es la única variación sobre el *Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla* ... pues la cara superior está dividida en huellas y no materializada con forma de helicoide.

Al igual que sucede en todo este grupo de «cortes» Aranda no fija la métrica de la escalera. Se comienza por la construcción por la caja y el machón y viendo *en cuantos pasos quisieres repartir la subida de una vuelta del dicho caracol*. Como en el problema anterior, más allá del radio que nos da uno de los extremos del peldaño se trazan no una sino dos franjas de lados paralelos. La primera de estas franjas corresponde como siempre al apoyo de un peldaño sobre la huella del inferior, pero la segunda no tiene exactamente el mismo sentido que en el *Caracol en vuelta ... de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo* pues representa el plano inclinado de la junta entre peldaños y no una frágil pestaña de apoyo.

A continuación se traza un rectángulo que nos da la sección transversal entre D y C, con el ancho libre de la escalera más los empotramientos en machón y caja y la altura que convenga darle, siempre mayor que la contrahuella. Basándonos en esta sección podemos construir las proyecciones horizontales de los extremos de las *tiranteces* 10 9 8 7 y trazar las *plantas por lecho* F y G, teniendo en cuenta que la línea 5 que nos da el largo de F no es exactamente radial y por tanto es más larga que 6, que nos da el largo de G.

Llegados a este punto podemos emprender la tarea más laboriosa que compleja de obtener las plantillas de los extremos de las piezas que forman el peldaño, tres en este caso. Tendremos por lo tanto seis plantillas, desde el I hasta el O. Para obtener por ejemplo el marcado con la L comenzaremos trazando una línea oblicua tomando el ancho de una franja de apoyo y el

⁴⁰ V. p. 200 para el *Caracol en vuelta ... de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo* y 205 para la *Vía de San Gil*.

⁴¹ V. Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, pp. 51-52.

Figura 293. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 240.

Caracol plano en vuelta con su cerramiento plano a regla de hiladas atravesadas

alto del peldaño menos la contrahuella, que tomamos de G; a continuación llevaremos en horizontal el ancho de la otra franja de apoyo para levantar desde allí el alto de la tabica y retroceder la huella más una franja de apoyo, medidas a lo largo de la cuerda de 7 para después trazar otra oblicua tomando el ancho de una franja de apoyo y el alto del peldaño menos una contrahuella, tomado de F, y terminar con una tercera oblicua que cierra la figura y nos da el infradós de la escalera.

Como en el *Caracol en vuelta ... de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo*, la labra se desarrolla en tres fases sucesivas. Para obtener una pieza, la próxima a la caja por ejemplo, se desbasta un prisma mixtilíneo de vértices 2 4 11 12 y de altura igual a la total del peldaño; a continuación se marcan, no sin dificultad, las plantillas M e I sobre los lados curvos del bloque para *robar* tres cuñas, una que nos da la cara que ha de apoyar sobre el peldaño inferior, otra que nos da la superficie sobre la que reposa la pieza superior y una tercera que materializa el infradós; sólo quedará quitar desde los lechos la cuña entre 7 y 20 para terminar la pieza.

Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo de dos subidas

Para trazar este dicho caracol en vuelta de dos subidas le formarás la planta como parece entre las circunferencias A B la circunferencia A es el macho del dicho caracol y la circunferencia B es la pared que sirve de caja del dicho caracol y verás en cuántos pasos quisieres repartir la vuelta del dicho caracol supongo que repartió en veintiún pasos que cada paso tenga una tercia de alto de manera que dando los dichos veintiún pasos una vuelta viene a ganar dos subidas que cada subida tiene de alto tres varas y media de medir con el grueso de sus pasos y con el ancho que tuviere uno de estos dichos pasos y la tirantez de los lechos formarás las dos plantas por caras para plantarlas de cuadrado antes que se hayan de robar como parece las figuras C D y a estas dichas plantas por caras le sacarás sus plantas por lechos y los cuadrados de las circunferencias A B para haberlas de robar y si llegaren despiezos ni más ni menos y robarás las piezas conforme se hizo en el caracol en vuelta de hiladas atravesadas a 239 planas de este libro y háse de advertir que aunque hay demostración de dos plantas por caras bastara que se labren los pasos con una porque entrambas tienen una razón que no sirve más

de para que se vea como han de ir puestos los dos pasos uno contra otro en cada hilada

Una vez más nos encontramos con una variante de la *traza* anterior que se diferencia de ésta en que aquí tenemos dos escaleras una dentro de la otra y la otra dentro de la una [294], lo que nos va a exigir que el paso de los helicoides que las definen sea aproximadamente doble del que se precisa en una escalera de caracol habitual. Por eso, al contrario de lo que sucedía en el «corte» precedente, aquí fija las dimensiones básicas del *caracol*; nos dice por vía de ejemplo *supongo que [se] repartió en veintiún pasos que cada paso tenga una tercia de alto de manera que dando los dichos veintiún pasos una vuelta viene a ganar dos subidas que cada subida tiene de alto tres varas y media de medir con el grueso de sus pasos*. Es decir, en un giro completo de trescientos sesenta grados la subida que arranca de **D** tiene veintiún escalones, cada uno con una contrahuella de un pie o *tercia*; por tanto en una vuelta la escalera habrá subido veintiún pies, que son siete varas. Pero estas siete varas están divididas en dos por la otra subida, la que arranca de **C**, y la altura libre será de tres varas y media menos el canto del peldaño.

Aranda da comienzo a la construcción trazando la caja y el machón; en uno de los lados largos del peldaño se trazan dos franjas de bordes paralelos. La primera corresponde como tantas veces al apoyo de un peldaño sobre la huella del inferior, mientras que la segunda refleja el plano inclinado de la junta entre peldaños. Después se traza un rectángulo que tiene por longitud la anchura libre entre machón y caja, más los empotramientos en uno y en otro; y por altura la total del peldaño, que ha de ser generosa pues ha de incluir no sólo la contrahuella sino la proyección vertical de los planos inclinados de contacto entre un peldaño y el inferior. Esta es sin duda la razón por la que Aranda traza la escalera con veintiún peldaños y no con dieciocho como en el *Caracol de husillo de dos subidas*. Allí la altura libre era de tres varas menos la contrahuella, es decir, ocho pies. Si hubiéramos hecho aquí lo mismo tendríamos ocho pies menos la altura de los planos de contacto, que en el dibujo ronda el pie y medio, con lo que nos quedarían seis pies y medio con peligro de cabezada.

Hecho esto podemos construir los *cuadrados* correspondientes a los empotramientos en **A** y **B** tal como se hizo en la *traza* anterior. Comenzaremos trazando una línea oblicua tomando el ancho de una franja de apoyo y el alto del peldaño menos la contrahuella, que tomamos de la sección; después llevaremos en horizontal el ancho de la otra franja de apoyo para trazar desde ese punto una vertical con el alto de la tabica, para

Figura 294. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 242.

Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla de hiladas atravesadas de dos subidas

después retroceder la huella más una franja de apoyo, trazando a continuación otra oblicua que tomando el ancho de una franja de apoyo y el alto del peldaño menos una contrahuella, tomado de nuevo de la sección, para terminar con una tercera oblicua que cierra la figura y nos da el infradós de la escalera.

La labra se desarrolla en dos fases: en primer lugar se desbasta un bloque mixtilíneo con la forma del peldaño en planta, para marcar sobre sus extremos las plantillas de los *cuadrados* correspondientes a los empotramientos, hecho lo cual se han de *robar* tres cuñas, una que nos permite materializar la cara sobre la que reposa el peldaño superior, otra que nos ofrece la que descansa sobre la pieza inferior y una tercera que nos da la superficie de intradós.

Todo esto es válido si disponemos de piezas de suficiente dimensión y resistencia como para salvar con un solo bloque la luz entre caja y núcleo. De lo contrario tendremos que *despezar* los peldaños, representando sus *tiranteces* o planos de junta en la sección y bajando la proyección horizontal de ambos extremos a la planta, donde vendrá dada por arcos de círculo. No nos bastará con dos plantillas correspondientes a **A** y a **B**, sino que precisaremos al menos seis, o más si *despezamos* los peldaños en más de tres trozos. La labra será básicamente la misma, pero habrá que añadir una tercera fase en la que *robaremos* una o dos cuñas para dar forma a los planos de contacto entre las piezas que forman el peldaño.

Caracol exento alrededor de un macho redondo capialzado en circunferencia

Para trazar este dicho caracol exento alrededor de un macho redondo capialzado en circunferencia le formarás la planta como parece entre las circunferencias **A B** la circunferencia **A** es el macho del dicho caracol y la circunferencia **B** es la testa que llevan los pasos del dicho caracol por la parte de afuera y veras en cuántos pasos quisieres repartir la subida de una vuelta que ha de dar el dicho caracol y en uno de estos dichos pasos con la tirantez que ha de tener un lecho formarás la planta por cara **C** como parece entre los cuatro ángulos **1 2 3 4** y a esta dicha planta por cara le sacarás sus plantas por lechos en forma de media circunferencia arbotante como parecen las plantas por lechos **D E** la planta por lecho **D** es para el lado de la planta por cara **5** desde el punto **1** al punto **2** y

la planta por lecho E se sacó para el lado de la planta por cara 6 desde el punto 3 al punto 4 y a estas dichas plantas por lechos les sacarás sus cuadrados para verlas de robar por la testa y por el macho como parecen los cuadrados F G el cual dicho paso se ha de labrar primero de cuadrado con la forma que tuvieren su planta por cara y plantas por lechos y después se ha de robar por la testa con los robos que tuviere el cuadrado F y por el macho se ha de robar con los robos que tuviere el cuadrado G y el robo del capialzo bajo que esta entre los ángulos 7 8 9 no ha de pasar más que desde la testa a la circunferencia del macho y los robos de la tirantez de los lechos alto y bajo han de pasar por toda la pieza entrando en el dicho macho y de esta manera se han de ir labrando y robando todos los demás pasos que tuviere el dicho caracol

Este y el siguiente son los únicos *caracoles* del manuscrito en el que no existe caja y los peldaños cargan únicamente sobre el núcleo [295]. Los peldaños presentan sección en arco rampante, o *arbotante* en la terminología de Aranda, de forma que tienen más canto hacia el núcleo y menos hacia la caja, como corresponde a una pieza volada. La unión entre peldaños es esencial para asegurar la solidez de la escalera y como en el caso anterior, se resuelve mediante planos horizontales e inclinados.

Semejante pieza de bravura no es frecuente, pero existen algunos ejemplos medievales y renacentistas.⁴² Además de la conocidísima escalera del púlpito de la catedral de Viena, de Anton Pilgram, la del púlpito de Santa Maria Novella de Florencia de 1443 de Brunelleschi y Buggiano, y las del «jubé» de Saint Etienne du Mont de París, obra tal vez de Philibert de L'Orme,⁴³ tenemos en nuestra península un espléndido ejemplar en la escalera de acceso al coro alto de la Arciprestal de Morella, realizada entre 1406 y 1426, si bien la decoración del pretil es posterior.⁴⁴

⁴² El tipo parece tener su origen en las escaleras de las casas medievales que hacían volar un segmento sobre la calle para ganar espacio; v. Auguste CHOISY, *Histoire de l'Architecture*, p. 539; quizá de ahí deriva también el «Quartier de vis suspendu» que expone Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 120-121 v. Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, pp. 186-188 trata de escaleras como la de la catedral de Autun que están a medio camino entre el «Quartier de vis suspendu» y el tipo que comentamos.

⁴³ Para Florencia, v. Eugenio BATTISTI, *Filippo Brunelleschi*, Milán, Electa, 1976, pp. 292-293, comenta «Sembra infatti di sfogliare il trattato di architettura de Delorme [...]», lo que se explica por las escaleras de Saint-Étienne-du-Mont y porque difícilmente podía conocer en 1976 los textos de Vandelvira y Aranda, que son los que sí incluyen esta *traza*. Para París, v. Anthony BLUNT, *Philibert de l'Orme*, p. 26-27, 77-79

⁴⁴ Ramón RODRÍGUEZ CULEBRAS, «Morella. Iglesia de Santa María», *Catálogo de Monumentos y Conjuntos de la Comunidad Valenciana*, Valencia, Conselleria de Cultura, Educación y Ciencia, 1983, p. 558; Josep

Figura 295. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 244.

Caracol exento alrededor de un macho redondo capialzado en circunferencia

La construcción da comienzo trazando dos círculos, el A del nabo y el B del perímetro de la escalera, que sólo representa la proyección horizontal de los extremos de los peldaños, puesto que aquí no hay caja; a continuación se divide la circunferencia en tantas partes como fuere necesario; Aranda no da una cifra, pero en el dibujo la huella equivale aproximadamente a la dieciseisava parte de la circunferencia. A continuación se traza la *planta por cara*; como en otros casos, la huella propiamente dicha se delimita mediante dos radios del machón y las dos franjas en las que ha de apoyar el peldaño superior quedan definidas por dos líneas paralelas a uno de estos radios, con lo que obtenemos la figura 1 2 3 4.

A continuación trazaremos la planta por lecho D, que corresponde al plano de contacto con el peldaño superior 1 2 tomando sus medidas de la planta y teniendo en cuenta que el canto en el borde libre ha de ser mayor que una contrahuella, es decir, lo que sube la escalera en un peldaño; el canto en el extremo del machón se obtiene trazando un arco tangente a la horizontal en el extremo libre. Una vez hecho esto, se traza la silueta del peldaño superior, que vendrá dada por el arco repetido una contrahuella más arriba. De parecida manera se traza la planta E, que corresponde al plano de contacto con el peldaño inferior 3 4. Hay que tener en cuenta que 3 4 el ligeramente más corto que 1 2, porque es un radio del machón mientras que 1 2 es una paralela a un radio. Por tanto llevaremos 3 4 a una construcción aparte, tomaremos los cantos en el machón y en el extremo libre de D, trazaremos el arco de intradós de forma que su tangente en el extremo libre sea horizontal y representaremos la silueta del peldaño inferior trazando la línea de la pisa una contrahuella más abajo.

Una vez hecho esto, podemos construir las plantillas de testa, comenzando por la F que corresponde al extremo libre. Tomaremos la longitud de la huella de la planta; vendrá dada por 4 2 menos el ancho de la última de las dos franjas de contacto entre peldaños. A continuación trazaremos la tabica, bajando el alto de una contrahuella; después retrocedemos el ancho de una franja de contacto; a continuación seguimos retrocediendo y al mismo tiempo bajamos para completar el canto en el extremo libre, que tomaremos de E, obteniendo así el punto 9; después retrocedemos en horizontal una longitud igual a 4 2 menos las dos franjas

Miquel FRANCÉS, et al., «Castellón», *La España Gótica. Valencia y Murcia*, Madrid, Encuentro, 1989, pp. 145-146; Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «La arquitectura gótica del Maestrazgo en tiempos del Papa Luna», en *Benedicto XIII, el Papa Luna*, Zaragoza, Diputación General de Aragón, 1994, pp. 120-122.

de contacto para obtener 8, y subimos una contrahuella para fijar el punto 7, después de lo cual no queda más que cerrar en el extremo de la huella. Del mismo modo obtendremos la plantilla de testa por el extremo del machón, G, pero esta vez tomaremos las medidas de 1 3 y de los extremos anchos de E y D.

La labra es similar a otros casos ya vistos. En primer lugar se ha de obtener un bloque con la ayuda de las *plantas por cara C y por lechos E y D*. De este bloque se han de *robar* tres cuñas, ayudándonos de las plantillas de testa G y F: dos corresponden a los planos inclinados de contacto entre peldaños, y se han de llevar en toda la longitud del peldaño; mientras que el triángulo 7 8 9 se quita para dar forma al intradós y no afecta a la porción que se empotra en el interior del machón, para darle mejor soporte al peldaño, como aparece claramente en E y D.

Alonso de Vandelvira nos presenta la misma idea realizada de forma diferente [296].⁴⁵ La penetración en el machón es todavía más importante, llegando a ser de todo un sector circular; todas las líneas longitudinales que dan forma al peldaño se disponen radialmente; la sección del peldaño es recta y no en pescante como en Aranda. En general parece que ante el alarde estructural que suponen los peldaños completamente volados se toman todo tipo de precauciones, empezando por la de disponer un machón desproporcionadamente grande. También encontramos el mismo tipo de peldañado en Juan de Portor y Castro [297],⁴⁶ pero aquí vemos la solución inversa en un «Caracol volado en una caja redonda»; es decir, los peldaños se empotran en la caja y no existe machón central, con lo que la pieza se asemeja más al *Caracol de Mallorca* que Aranda expone un poco más adelante.

Resulta interesante comparar la solución de Aranda con las escaleras francesas estudiadas por Boudon y Blécon; como exponen estos autores, es frecuente construir las escaleras de caja estrecha mediante una sola pieza que resuelve el núcleo y el peldaño; tenemos así el equivalente de nuestros *husillos*; también es lógico separar núcleo y peldaño en las escaleras más grandes en las que el machón se resuelve mediante hiladas formadas por varias piezas; en cambio, empotrar los peldaños en un nabo de pequeño diámetro es un contrasentido, derivado quizá de la técnica de ensamblaje de

⁴⁵ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 52 v; José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 118-119.

⁴⁶ Juan de PORTOR Y CASTRO, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 101 (Madrid, Biblioteca Nacional, MS 9114).

Figura 296. Alonso de Vandelvira. Libro de trazas de cortes de piedras, f. 52.

Chase al Bolado en Una Capa Velonda

Figura 297. Juan de Portor y Castro, Cuaderno de arquitectura, f. 20 v.

Figura 298. Amedée-Louis Frézier, *Traité de stéréotomie*, t. III, lám. 106.

las escaleras de madera.⁴⁷ Pues bien, Aranda aborda el problema con una lógica constructiva irrefutable: en las escaleras de menor ancho de caja, como los *husillos* y el *Caracol de Mallorca* que veremos a continuación, se resuelven mediante una sola pieza que combina peldaño y machón; en cambio en las mayores el peldaño se resuelve mediante varias piezas, empotrando la última en un nabo importante; sólo en esta *traza* y la siguiente empotra en el machón una pieza enteriza, obligado por el vuelo del peldaño.

*Caracol exento alrededor de un macho redondo capialzado en
circunferencia de dos subidas*

Para trazar este dicho caracol exento alrededor de un macho redondo capialzado en circunferencia de dos subidas le formarás la planta como parece entre las circunferencias **A B** la circunferencia **A** es el macho del dicho caracol y la circunferencia **B** es la testa que llevan los pasos del dicho caracol por la parte de afuera y este dicho caracol repartirás en veintidós pasos que cada paso tenga una tercia de alto de manera que dando los dichos veintidós pasos una vuelta viene a ganar dos subidas y con el ancho que tuviere uno de estos dichos pasos y con la tirantez de los lechos formarás las dos plantas por caras para plantarlas de cuadrado antes que se hayan de robar como parece en las figuras **C D** y a estas dichas plantas por caras les sacarás sus plantas por lechos y los cuadrados de las circunferencias **A B** para haberlas de robar como se hizo en el caracol exento alrededor de un macho redondo capialzado en circunferencia a 243 planas de este libro y háse de advertir que aunque hay demostración de dos plantas por caras bastará que se labren los pasos con una porque entrambas tienen una razón que no sirve más de para que se vea como han de ir puestos los dos pasos uno contra otro en cada hilada

Esta *traza* es una variante de la anterior; no existe caja y los peldaños, de sección en pescante y encajados unos en otros, apoyan únicamente sobre el machón. Pero aquí, como en el *Caracol de husillo de dos subidas*, se

⁴⁷ François BOUDON, y Jean Blecon, «Le vis, la marche et le noyau: leurs relations au début du XVI siècle», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*. pp. 75-79.

disponen no uno sino dos helicoides alojados el uno dentro del otro y el otro dentro del uno, dos subidas independientes [299]. Aquí cualquier justificación funcional es insostenible; es absurdo plantearse que se puede subir y bajar por una escalera sin ser visto desde la otra cuando las dos están abiertas al mismo espacio. Como en otras ocasiones, hay que entender que nos encontramos ante un mero juego de virtuosismo.

Al ser la escalera de dos subidas, es preciso que en una vuelta la escalera suba la altura correspondiente a dos pisos. Para ello Aranda propone aumentar simultáneamente el número de peldaños y su altura, tomando veintidós peldaños de un pie o *tercia* para la vuelta completa. Así tendrá de altura libre once pies, a descontar el canto del peldaño, cuando en el *Caracol de husillo de dos subidas* tenía nueve; y es que aquí el canto del peldaño es significativamente mayor, pues además de la contrahuella, también es preciso contar con el desnivel entre los extremos del pescante y la franja inclinada en la que un peldaño apoya sobre el inferior.

La construcción da comienzo trazando dos círculos, el A del machón y el B del perímetro de la escalera; a continuación se divide la circunferencia en tantas partes como fuere necesario, veintidós en este caso; después se construye la *planta por cara*, trazando dos radios que nos dan la huella y paralelas a uno de estos radios que representan las dos franjas en las que ha de apoyar el peldaño superior, con lo que tenemos la *planta D*. Como en otras escaleras, todos los peldaños de ambos helicoides son iguales, por lo que la *planta D* será más que suficiente, aunque Aranda trace también la C *que no sirve más de para que se vea como han de ir puestos los dos pasos uno contra otro en cada hilada*.

A partir de ahí el proceso es idéntico al del *Caracol exento alrededor de un macho redondo capialzado en circunferencia*: trazaremos las *plantas por lecho* tomando sus medidas de D, sin olvidar que el canto en el borde libre ha de ser mayor que una contrahuella, obteniendo el canto en el extremo empotrado en el machón por medio de un arco tangente a la horizontal en el extremo libre y representando la silueta del peldaño superior con el arco desplazado una contrahuella hacia arriba. Del mismo modo se traza la *planta* correspondiente al plano de sobrelecho, trazando la silueta del peldaño inferior, que vendrá dada por una línea horizontal desplazada respecto de la pisa la longitud de una contrahuella.

Después podemos trazar las testas; para la del extremo libre tomaremos la longitud de la huella de la planta, excluyendo la última de las dos franjas de contacto; a continuación trazamos la tabica, bajando el alto de una

Figura 299. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 246.

Caracol exento alrededor de un macho redondo de dos subidas

contrahuella; después volvemos hacia atrás el ancho de una franja de contacto; después seguimos retrocediendo y al mismo tiempo bajamos para completar el canto en el extremo libre, que tomaremos de la *planta por lecho* correspondiente, para después seguir retrocediendo en horizontal la longitud de la huella menos las dos franjas de contacto y subir una contrahuella, después de lo cual podemos cerrar en el extremo de la huella. Del mismo modo trazaremos la plantilla de testa del extremo del machón, tomando las medidas del extremo corto de la *planta por cara* y de los extremos anchos de las *plantas por lecho*.

La labra es similar a otras *trazas* anteriores. Se ha de obtener un bloque con la ayuda de las *plantas por cara* y *por lechos*. De este bloque se han de quitar tres cuñas con ayuda de las plantillas de testa, de las cuales las dos que corresponden a los planos inclinados de contacto entre peldaños abarcan toda la longitud del peldaño, pero la que se *roba* para dar forma al intradós no se ha de continuar en el interior del machón.

Caracol de ojo que dicen de Mallorca

Para trazar este dicho caracol de ojo le formarás la planta como parece entre las circunferencias **A B** la circunferencia **A** es el ojo del dicho caracol y la circunferencia **B** es la pared que sirve de caja del dicho caracol y verás en cuantos pasos quisieres repartir la vuelta del dicho caracol supongo que se repartió en doce pasos y cada uno ha de tener una cuarta de alto de manera que vendrá a tener de alto la subida en toda una vuelta tres varas de medir con el grueso de unos pasos y en uno de estos dichos pasos formarás la planta por cara como parece en la figura **C** que está entre los ángulos **1 2 3 4** y con esta dicha planta por cara labrarás primero los pasos de cuadrado que tengan una cuarta de alto como arriba es dicho y después los robarás por lo bajo con el robo que parece entre las líneas **5 6** y por la moldura del ojo la robarás con el robo que parece entre las circunferencias **1 7** que vaya a morir el dicho robo a el lecho alto del dicho paso a la línea **6** y a la circunferencia **1** y en la dicha moldura del ojo le robarás por la parte alta el robo que parece entre las circunferencias **4 8** y ha de quedar de cuadrado para lecho por la parte baja del dicho paso la distancia que hubiere entre las líneas **5 9** que es lo que asienta de cuadrado el paso alto sobre el bajo y ha de quedar de huello para el dicho paso por la parte de arriba la

distancia que hubiere entre las líneas 9 10 y ha de quedar de lecho por la parte de arriba la distancia que hubiere entre las líneas 10 6 y si este dicho caracol hubiere de llevar pasamano lo formarás y le extenderás la moldura como se hizo en el caracol de husillo a 227 planas de este libro y si hubiere de llevar moldura en el ojo se labrará con la cercha extendida D que se extendió por circunferencia concurriente con el ancho y alto de dos pasos tomados por el ojo como se hizo en la primera difinition de esta tercera parte figura B

El conocido *Caracol de Mallorca* [300] representa un primer intento de desarrollar el *Caracol de husillo* para facilitar el paso de personas o darle mejor luz.⁴⁸ Como en la *Vía de San Gil*, Aranda se distancia con sutileza de la «denominación de origen»: *Caracol de ojo que dicen de Mallorca*.⁴⁹ No es frecuente que una escalera helicoidal reciba luz de dos lados; lo normal es que la luz venga de un solo lado o peor, de la entrada o la salida. En cualquiera de estos casos, el machón es un obstáculo a la difusión de la luz.⁵⁰ La escalera que comentamos es un compromiso: se mantiene el machón confiando en que colabore en la estabilidad de los escalones, pero no en el centro del ojo, donde más impide la difusión de la luz, sino alrededor de él, de forma que la luz lateral, y más aún la cenital, pueda llenar la caja de lado a lado.⁵¹ Pero además de la luz, parece que el atractivo de la escalera es que comienza a ofrecer un espectáculo visual manierista:⁵²

también se puede hacer subir en rampa y girar dicho núcleo conforme suben los escalones, y tan amplio como quieras. De manera que los que están en la parte alta de la escalera, verán hasta el primer escalón : los obreros la llaman caracol a la luz : se puede enriquecer con molduras y cornisas que soporten los escalones, y otros que servirán de pasamanos.⁵³

⁴⁸ José Carlos PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*, p. 115: «Este modelo [...] tiene con toda seguridad un origen utilitario, ya que el hecho de no tener núcleo central posibilita el acceso [...] transportando bultos [...] sin que la propia escalera embarace su traslado, también suele encontrarse en lugares en que las reducidas dimensiones que el diseño impone [...] imposibilitarían incluso el paso de una persona».

⁴⁹ V. Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, Memoria de oposición a la Cátedra de Geometría Descriptiva, Universidad Politécnica de Madrid, 1997, p. 56.

⁵⁰ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 167.

⁵¹ Eugène VIOLLET LE DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, París, B. Bauge, 1854, t. V, pp. 313-315.

⁵² V. Alfonso RODRIGUEZ GUTIERREZ DE CEBALLOS, «La arquitectura del Manierismo», *Revista de ideas estéticas*, 1962, p. 23.

⁵³ Philibert de L'ORME, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 120 r.: «aussi pour faire remper & tourner le dit noyau, ainsi que les marches montent, & de telle estendue qu'on veult. De sorte que ceux qui seront au hault de la vis, verront iusques à la premiere marche: les ouriers l'appellent vis a iour : laquelle se pueult

Figura 300. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 248.

Caracol de ojo que dicen de Mallorca

La denominación de la *traza* deriva probablemente de las escaleras de los torreones de ángulo de la lonja mallorquina, iniciada por Guillem Sagrera en 1426;⁵⁴ también en el siglo XV tenemos en Valencia el de la Torre de Cuarte, y sobre todo el de la capilla de los Reyes del convento de Santo Domingo, que corona una pareja de escaleras entrelazadas.⁵⁵ A partir de la centuria siguiente, la pieza se extiende por la Península Ibérica y la América hispana; entre otros muchos ejemplos pueden citarse el de la Casa Prioral de Uclés, quizá de Francisco de Luna y de algo antes de 1537;⁵⁶ el del Colegio Mayor de Santiago o del Arzobispo Fonseca, después de los Irlandeses, de Salamanca, con trazas de Diego de Siloé [301];⁵⁷ los de las parroquias de Montejícar e Illora, próximas a Alcalá la Real, en la segunda de las cuales intervinieron Martín y Miguel de Bolívar;⁵⁸ las de Huelma y Villacarrillo, relacionadas con Andrés de Vandelvira y Francisco del Castillo;⁵⁹ y la de Villamartín, de Hernán Ruiz el Joven;⁶⁰ dos en las torres de la catedral de México, de Claudio Arciniega, en 1573;⁶¹ y ya en el siglo XVIII, el de los Molinos Nuevos de Murcia, de Jaime Bort.

La traza tiene mucho en común con el *Caracol de husillo*; incluso la métrica que nos propone Aranda como ejemplo es la misma. Cada vuelta tendrá doce escalones de una *cuarta* o palmo de alto, y así la altura total de cada vuelta será de tres *varas de medir*. Tomada esta decisión, se traza el escalón de forma que cubra un ángulo algo mayor de los treinta grados en

enrichir de moulures et corniches qui portent les marches & rempants, & d'autres qui seruent de tienmains».

⁵⁴ Alexandre CIRICI, *Arquitectura gótica catalana*, Barcelona, Lumen, 1968, pp. 370-376; Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, pp. 103-104.

⁵⁵ Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna», p. 100; «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, Valencia, Conselleria de Cultura, 1997, pp. 14-59.

⁵⁶ José María de AZCÁRATE, «El Convento de Uclés y Francisco de Luna, maestro de cantería», *Archivo Español de Arte*, 1956, p. 179.

⁵⁷ La intervención de Rodrigo Gil parece limitarse a la capilla y no afectar a la escalera, relativamente próxima. V. John D. HOAG, *Rodrigo Gil de Hontañón*, pp. 137-142.

⁵⁸ Rafael LÓPEZ GUZMÁN, «El lenguaje arquitectónico en el Renacimiento andaluz», en *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, Sevilla, Consejería de Cultura, 1992, p. 147; José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, *Las iglesias de las Siete Villas*, p. 238.

⁵⁹ Rafael LÓPEZ GUZMÁN, «El lenguaje arquitectónico en el Renacimiento andaluz», p. 147.

⁶⁰ Alfredo J. MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, p. 70.

⁶¹ Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, «Aproximación al estudio de la construcción en la Nueva España», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, p. 244.

que queda dividida la circunferencia; de esta forma, cada escalón solapará con el siguiente.

Pero si en el *Caracol de husillo* algunas aristas longitudinales del escalón se trazaban tangencialmente al macho, esta vez todas las líneas largas del escalón se trazan radialmente, sin usar tangentes a la circunferencia central. En principio no parecen existir razones poderosas para hacerlo de una manera o de otra; la única diferencia es que trazando una línea tangente al macho, la franja donde solapan dos escalones consecutivos puede ser de ancho constante y si se hacen todas las aristas radiales, la franja tiene forma de cuña. Es curioso constatar que Vandelvira había adoptado las mismas soluciones: aristas radiales y tangenciales en el «Caracol de husillo», aunque sin buscar el paralelismo, y sólo aristas radiales en el «Caracol de Mallorca».⁶² Parece que sea más intuitivo trazar una tangente a un nabo macizo que a los círculos virtuales en los que se va a apoyar el núcleo helicoidal de esta escalera.

Este curioso machón, sarmiento más que nabo, viene delimitado por una superficie que tiene mucho que ver con el pasamanos del *Caracol de husillo*: es la superficie engendrada por una curva que se desplaza a lo largo de una hélice, pero no manteniéndose en planos paralelos al modo de una superficie de traslación, sino girando conforme se desplaza a lo largo de la hélice.

Así, la *planta por cara* del escalón vendrá dada por un arco de circunferencia 2 3 que materializa el extremo exterior y que se lleva a la superficie de la caja de escalera para obtener el máximo empotramiento; en las los aristas longitudinales del peldaño 6 y 9; y por la sección curva del machón basada en dos círculos concéntricos: un arco del círculo exterior, una curva de enlace 1, un arco del círculo interior y la otra curva de enlace 4. Es interesante observar que la curva de enlace 1 corresponde a la cara superior mientras que la otra curva de enlace 4 está situada en la inferior, o si se quiere en la cara superior del anterior peldaño.

Es precisamente este decalaje lo que nos va a permitir darle forma helicoidal al machón. Una vez obtenida la *planta por cara* 3 2 6 1 4 9

⁶² Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 50 r. y 50 v. También Juan GARCÍA BERRUGUILLA, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, Madrid, Francisco Mojados, 1747, pp. 109-110 ofrece dos *Caracoles de husillo*, uno tangencial y otro radial, y un *Caracol de Mallorca* radial. Como excepción, encontramos en Alonso de GUARDIA, *Manuscrito de arquitectura y cantería* (Manuscrito c. 1600. Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori ...*, Libro II, Venecia, 1566, Biblioteca Nacional de Madrid, ER/4196, 67 v., 83 v.) dos *caracoles de Mallorca* no radiales.

*Figura 301. Escalera en el Colegio del
Arzobispo Fonseca de Salamanca.*

Figura 302. Alonso de Vandelvira, Libro de trazas de cortes de piedras, f. 50 v.

Figura 303. Alonso de Guardia, Manuscrito de arquitectura y cantería.

labraremos con ella una pieza *de cuadrado* es decir, obtendremos un prisma mixtilíneo que tiene por base la *planta* y por altura la des escalón, una *cuarta*. A continuación *robaremos* tres cuñas: la comprendida entre 4 y 8 por arriba, y la comprendida entre 1 y 7, por abajo; estas dos son las que materializan el machón; y la comprendida entre 5 y 6 es la que da forma al intradós. La franja 9 5, plana, es la que apoya sobre el escalón inferior, mientras que el superior apoya sobre 10 6.

Aranda nos dice que *si este dicho caracol hubiere de llevar pasamano lo formarás y le extenderás la moldura como se hizo en el caracol de husillo*. Se trata, de modo parecido al machón, de una superficie compleja generada por una sección mixtilínea que se desplaza a lo largo de una hélice girando de manera que siempre se mantiene incluida en un plano vertical que pasa por el eje de la hélice. El problema se enfoca con dos simplificaciones sucesivas; primero se asimilan las hélices que genera la sección al desplazarse a arcos de elipse, y después estos arcos de elipse a arcos de circunferencia, utilizando el método descrito en la *difinition* primera de esta tercera parte. Se identifica un segmento de hélice con un arco de la elipse que resulta al proyectar el círculo de la planta sobre un plano inclinado que pasa por las intersecciones de dos tabicas no consecutivas con la hélice y tiene por línea de máxima pendiente la recta que une las dos intersecciones. Obtenemos así un arco de elipse correspondiente al segmento de hélice que cubre dos huellas; la proyección de este arco de elipse sobre la línea de tierra será un arco de círculo. A continuación llevaríamos por separado la longitud de la cuerda de este arco de círculo y sobre una perpendicular levantada en su extremo tomaremos el desnivel ente los dos extremos del arco de elipse, que en este caso vale dos *cuartas*; después abatimos el arco de elipse con eje en su cuerda hasta llevarlo al plano vertical que pasa por ésta. El punto medio del arco de elipse se moverá en un plano perpendicular a su cuerda y por tanto su abatimiento estará sobre la perpendicular a la cuerda trazada por su punto medio, distando de este último punto la sagita del arco de elipse, es decir, la flecha del arco de círculo; tenemos así tres puntos del arco de elipse que Aranda unirá con toda probabilidad con el compás.

El mismo procedimiento se puede emplear para labrar molduras en el machón; Aranda nos dice que

si hubiere de llevar moldura en el ojo se labrará con la cercha extendida D que se extendió por circunferencia concurriente con el ancho y alto de dos pasos tomados por el ojo como se hizo en la primera difinition de esta tercera parte figura B

Lo que llama la atención de este pasaje es el *si*. Parece que una simple media caña como remate del machón, como la que se representa en el dibujo de Aranda, no requiere el uso de la *cercha extendida*, y que se labraría a sentimiento; por el contrario, una molduración más compleja como la representada por Vandelvira,⁶³ sí requeriría el procedimiento de la *definition* primera.

Caracol de ojo redondo de dos subidas

Para trazar este dicho caracol de ojo redondo de dos subidas le formarás la planta como parece entre las circunferencias **A B** la circunferencia **A** es el ojo del dicho caracol y la circunferencia **B** es la pared que sirve de caja del dicho caracol y esta dicha planta repartirás en dieciocho pasos tirados al centro del ojo que cada paso de estos tenga una tercia de alto de manera que dando los dichos dieciocho pasos una vuelta viene a ganar dos subidas que cada subida tiene tres varas de medir de alto con el grueso de los pasos y con el ancho que tuviere uno de estos dichos dieciocho pasos y con la distancia que se le añade para lecho formarás las dos plantas por caras para plantarlas de cuadrado antes que se hayan de robar como parecen las figuras **C D** y con una de estas dichas plantas por cara labraras los pasos de este dicho caracol y las robarás así por la moldura del ojo como por el diente bajo como se hizo en el caracol de ojo redondo a 246 planas de este libro y después de estar labrados y robados los dichos pasos se han de poner dos en cada hilada uno contra otro como parecen las dichas dos plantas por caras **C D**

Esta *traza* [304] es una variante del *Caracol de ojo que dicen de Mallorca* en la que aparecen no uno sino dos helicoides, tal y como se hizo en el *Caracol de husillo de dos subidas*.⁶⁴ Como en el *Caracol de Mallorca*, se trata de un compromiso entre las escaleras de núcleo central, en las que la estabilidad del peldaño está asegurada por el núcleo y la caja, pero que resuelven mal la iluminación y las escaleras sin núcleo central, en las que mejora la iluminación a costa de que los peldaños aseguren la solidez de la escalera apoyando unos sobre otros. El compromiso consiste en no permitir que los peldaños lleguen hasta el eje de la caja, con lo que se genera un

⁶³ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 50 v.

⁶⁴ V. p. 196.

Figura 304. Ginés Martínez de Aranda, Cerramientos y trazas de montea, pl. 249.

Caracol de ojo que dicen de Mallorca de dos subidas

tímido ojo y los machones en lugar de ser rectos tienen como directrices sendas hélices; como el paso de la hélice es grande en relación a su radio, la tangente a la hélice directriz se aproxima a la vertical y el machón coopera a la estabilidad de los peldaños.

Decimos dos machones, porque aquí como en el *Caracol de husillo de dos subidas* tenemos dos helicoides, idénticos y girados uno ciento ochenta grados del otro. Pero el *Caracol de husillo de dos subidas* los machones de ambas subidas al tener por eje el de la caja se superponían y por eso había que dividir el machón entre dos peldaños, mientras que aquí al no encontrarse los peldaños al eje de la caja tenemos dos machones.

Aquí podría reaparecer el componente espectacular de las escaleras francesas, pero de nuevo la métrica es ferozmente utilitaria, como en el *Caracol de husillo de dos subidas*: la primera subida arranca de **D** y después de describir un giro de ciento ochenta grados habrá llegado a la vertical de **C**; como la segunda arranca precisamente de **C**, la primera deberá haber ascendido de **D** a **C** lo suficiente como para dejar vía libre a una persona y el paso de la hélice deberá ser al menos el doble de la altura libre necesaria para un hombre alto; en cada vuelta la escalera puede subir dos plantas enlazando plantas al tresbolillo.

Si en el *Caracol de Mallorca* Aranda tomaba a título de ejemplo una altura de tres *varas de medir* por vuelta, en éste intenta subir esas tres varas en media vuelta, lo que le da un paso de hélice de seis varas o dieciocho pies, que pretende resolver con un diámetro de caja similar al del *Caracol de Mallorca*; para ello, en lugar de doce escalones dispone dieciocho, lo que equivale a un ángulo de veinte grados, y toma como contrahuella no una *cuarta* de vara sino un pie o *tercia*.

Fijadas así las dimensiones básicas de la escalera, se traza el peldaño de tal manera de forma que cubra un ángulo algo mayor de los veinte grados de los sectores en que se divide la circunferencia, para lograr que cada escalón solape con el siguiente; hecho esto, traza las aristas longitudinales del peldaño, como siempre. La *planta por cara* del escalón vendrá dada por un arco de circunferencia que materializa el extremo exterior del peldaño; por las dos aristas longitudinales del peldaño, trazadas radialmente como en el *Caracol de Mallorca*; y por la sección curva del machón que como en aquel se basa en dos círculos concéntricos: un arco del círculo exterior, una curva de enlace, un arco del círculo interior y la otra curva de enlace; esta segunda curva de enlace no es la que corresponde a la cara superior del

peldaño, sino a la inferior, o si se quiere a la cara superior del anterior peldaño.

El decalaje permitir darle forma helicoidal al machón. Una vez obtenida la *planta por cara* se labra con ella una pieza *de cuadrado* con la altura del escalón, en este caso una *tercia*. Después *robaremos* tres cuñas: dos son las correspondientes a las curvas de enlace, y en ellas el decalaje de veinte grados entre las correspondientes a la cara superior y la inferior es precisamente el que materializa el machón; y la tercera cuña es la que da forma al intradós.

CONCLUSIONES

Un saber en evolución

Se ha convertido en un tópico afirmar que los métodos de la cantería española del Renacimiento proceden de la tradición medieval. Según una tesis bastante extendida, las coincidencias entre los textos canteriles del Renacimiento traerían causa de un «saber común» de los pedreros tardomedievales, lo que haría ocioso buscar influencias entre ellos;¹ no habría por tanto evolución en la cantería quinientista, sino un saber bien comprendido y dominado, conocimiento práctico que se expresa en recopilaciones de recetas resultado de un conocimiento meramente empírico.² Sin embargo, otros autores proponen una visión diferente, la de un saber en rápida evolución, provocada por la adaptación al repertorio formal renacentista y facilitada por la imprenta.³

Recordar tanto los procedimientos que los *Cerramientos* recogen de otros autores como sus aportaciones originales puede arrojar luz en este debate. Martínez de Aranda toma métodos de trazado de elipses de Serlio, De L'Orme y quizás Durero; emplea el abatimiento alrededor de rectas de punta que aparece por primera vez en De L'Orme, pero también el que tiene por charnela líneas horizontales oblicuas al alzado, procedente de la *Teórica y práctica de fortificación* de Cristóbal de Rojas; utiliza plantillas rígidas para labrar superficies regladas alabeadas empleando construcciones procedentes de Vandelvira; ofrece soluciones conocidas o novedosas de *trazas* centrales en el arte de la cantería como los arcos

¹ Pedro NAVASCUÉS PALACIO, «Estudio», en *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, Madrid, Escuela de Arquitectura, 1974, pg 18; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, «Alonso de Vandelvira ... », en *Architectural Theory and Practice from Alberti to Ledoux*, Dora Wiebenson, ed, Architectural Publications, 1982. (Tr. esp. de Pilar Vázquez Álvarez, *Los tratados de Arquitectura*, Madrid, Blume, pp. 237-238); Antonio BONET CORREA, «Ginés Martínez de Aranda, Arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», en Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de monte*, pp. 17, 18-19 y «Los tratados de monte y cortes de piedras españoles en los siglos XVI, XVII y XVIII», *Academia*, nº 69, 1989, pp. 29-62; ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, p. 111; Alfredo MORALES, *Hernán Ruiz «El Joven»*, Madrid, Akal, 1996, p. 153.

² Fernando MARÍAS, *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*. Madrid, Sílex, 1992, pp. 147-148. Para la aplicación de esta idea al caso concreto del manuscrito que nos ocupa, v. su reseña a «Cerramientos y trazas de monte», *Archivo Español de Arte*, 1988, p. 330.

³ Geneviève BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, «Introducción», a Alonso de Vandelvira, *Tratado de arquitectura*, Albacete, Diputación, 1977, pp. 6, 33-35; de la misma autora, «Progresos de la cantería y nivel científico en España en la época de Juan de Herrera», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 129-136; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984, p. 187; José Carlos PALACIOS mantiene una posición intermedia, pues si en «La estereotomía en el Renacimiento. El Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, pp. 99 admite las conexiones entre De L'Orme y Vandelvira, en *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, pp. 11-12, afirma que su trabajo permite «liberar [a Vandelvira] de tan diversas influencias».

abocinados y *en torre redonda* de tradición altomedieval o los oblicuos y *en rincón y esquina* y los capialzados del último gótico y el primer Renacimiento.⁴

Pero todo esto no quiere decir que falten en la obra las aportaciones nuevas. Como hemos señalado varias veces, en los campos que trata el manuscrito que conocemos, esto es, en lo que se refiere a arcos, capialzados y caracoles, el catálogo de trazas de Aranda supera ampliamente en número a De L'Orme y Vandelvira.⁵ Por primera vez aparece claramente en la literatura el «*biais passé*» separado de otras trazas; aparecen «cortes» exclusivos de Aranda como los arcos *fuera de simetría, disminuido y dividido en dos y por arista*; los arcos *abocinados, en torre y avanzados*, de los que De L'Orme, Vandelvira y Rojas habían expuesto ejemplos, reciben un tratamiento sistemático en función de las superficies de los paramentos y la oblicuidad de la testa o el eje; encontramos por primera vez los arcos *capialzados* y los *en vuelta de horno*, incluyendo el singular *en vuelta de horno en la cara*; el tradicional *Arco por esquina y rincón* se combina con otras dificultades como el *desquijo*, el *capialzo* o el abocinamiento; aparece un «*Arrière-voussure de Marseille*» primitivo, el *Arco capialzado hacia la menor subida*; el también conocido *rincón de claustria* recibe soluciones nuevas que se combinan con los *arcos por arista* para dar lugar a la nueva serie de los arcos *diagonales*; y también por primera vez aparece en los textos de la cantería la problemática de las agrupaciones de arcos o *corredores*, vinculados a su práctica profesional en Alcalá la Real.⁶

Si en los arcos aparecen importantes novedades, la parte dedicada a los *capialzados* es casi enteramente original, pues apenas cuenta con el precedente de Vandelvira, que nunca se sigue de modo literal. Los resueltos *a regla*, de dos testas en dintel, de nuevo sistematizan y amplían los ejemplos de Vandelvira y otro tanto sucede con los *desquijados*, esto es, los que se resuelven con una testa en dintel y otra en arco; son nuevos en la literatura los *capialzados de arco contra el dintel*, y *en cercha por la cara*, precedentes del «*Arrière-voussure de Montpellier*» y el de San Antonio, el curioso *Capialzado oval*, los *avanzados* tanto *en bóveda* como *en vuelta de horno* y el grupo de los *capialzados en esquina y rincón*. Todavía mayor es la novedad del grupo de las *puertas*, esto es, la combinación de arcos, dinteles y capialzados, que sólo cuenta con un precedente muy ambiguo en De L'Orme.⁷ También entre los *caracoles* hay trazas nuevas, empezando por todo el grupo de las que se resuelven con dos *subidas*, tan importante en la práctica constructiva quinientista francesa y que sin embargo aparece por primera vez en la literatura

⁴ V. pp. 156, 178 y 242 del Tomo I, y 67, 109, 87, 185 del Tomo II y 13 de este Tomo III.

⁵ V. pp. 97 y 334 del Tomo I.

⁶ V. 67, 65, 84, 138, 109-125, 87-108, 142-165, 125-138, 167-177, 185-203, 203-209, 209-240 y 258 y ss. del Tomo II.

⁷ V. pp. 13-181.

con Aranda; asimismo son originales los de *cerramiento plano a regla* y las dos soluciones *de hiladas atravesadas*.⁸

Pero no sólo encontramos innovaciones en los problemas que se abordan, sino en los métodos que se emplean. La obsesión por resolver el mayor número posible de *trazas* con ayuda de plantillas rígidas llega a su cenit. Por primera vez se intenta resolver el «*biais passé*» y otras trazas del mismo tipo por medio de plantillas completas.⁹ Esto lleva a Aranda a un punto de difícil salida, pues en el fondo es una contradicción pretender labrar caras que materializan superficies alabeadas mediante plantillas rígidas. El método aparece ya de una manera embrionaria en los capialzados de Vandelvira, pero Aranda lo sistematiza, lo potencia y amplía su uso a los arcos; llega así a una solución bastante práctica, la de las plantillas que representan en verdadera magnitud cuatro lados de la cara de intradós de la dovela y una diagonal, aun falseando la segunda diagonal. También en el campo de las superficies desarrollables encontramos aportaciones nuevas o derivadas de Rojas, como el empleo de plantillas rígidas que tienen por ancho la cuerda del tramo de dovela correspondiente, frente a las plantillas empleadas por De L'Orme en los trasdoses de los arcos *en torre redonda*, que tienen por ancho la suma de las dos cuerdas de las dos mitades de la dovela, y que sólo son exactas si se doblan por la mitad.¹⁰

El empeño por emplear plantillas en la mayor medida posible, con objeto de reducir el desperdicio de trabajo y material, lleva a Aranda a emplear varios métodos de labra intermedios entre los dos polos de la cantería del Renacimiento, los métodos *por robos* o «por escuadría» y *por plantas* o directo. Esto da al manuscrito un gran interés, pues contamos ejemplos de la labra *por robos* en sentido estricto, basada en trazar proyecciones ortogonales y quitar material de un sólido capaz paralelepipedico, a la que Aranda dedica una *Difinition* acompañada de un dibujo bien expresivo; de un sistema que es todavía *por robos* pero que emplea la *saltrarregla* o transportador de ángulos para mejorar la precisión y reducir el material de *despojo* partiendo de un bloque mixtilíneo; de la labra que parte de un bloque pero emplea plantillas para resolver problemas difíciles con precisión; y del sistema que emplea plantillas completas para obtener la máxima exactitud.¹¹

Otra obsesión de Aranda es la que le lleva a buscar a toda costa figuras regulares para las embocaduras. Para igualar la longitud de las juntas de testa o *tiranteces* recurrirá en ocasiones al expediente sencillo y exacto de recortar las

⁸ V. pp. 196, 208, 205 y 212.

⁹ V. pp. 60 y 67 del Tomo II.

¹⁰ V. pp. 242 del Tomo I.

¹¹ V. pp. 219-242 del Tomo I.

plantillas de lecho,¹² pero en otros casos resolverá el problema tomando la longitud de las *tiranteces* de un alzado que después se proyecta sobre un paramento oblicuo o curvo, en lugar de hacer lo que sería correcto a nuestros ojos, que es tomar estas longitudes de la testa desarrollada o *cimbria*. Parece claro que la solución no se adopta por torpeza ni por economía de trazado. En algunas *traza* se toman las cuerdas de las dovelas de la *cimbria* y las *tiranteces* del alzado; parece claro que en tales casos tomar la longitud de las juntas de testa del alzado no supone una gran economía de esfuerzos, pues no hubiera sido difícil construirlas en el desarrollo de la testa.¹³ También por la misma razón Aranda toma soluciones de Rojas como la que consiste en resolver por abatimientos un arco oblicuo con embocaduras semicirculares y sección recta en semielipse peraltada, invirtiendo la solución tradicional de testas elípticas rebajadas y sección recta semicircular. Aranda recoge la solución, la amplía a otras muchas *trazas* y aporta un desarrollo importante: construye por puntos la sección recta, con lo que completa la inversión del procedimiento empleado anteriormente en el que la sección recta era una figura regular y el desarrollo o *cimbria* del alzado se obtenía por puntos.¹⁴

Esto nos lleva a los métodos de trazado de óvalos y elipses que ofrecen los *Cerramientos*; además de una esporádica aparición del óvalo de cuatro centros,¹⁵ encontramos un óvalo verdaderamente singular con un solo eje de simetría en el diámetro menor; y junto a procedimientos de trazados de elipses tomados literalmente de Serlio, encontramos otros más originales influidos en parte, pero sólo en parte por De L'Orme y quizás Durero.¹⁶ Pero lo más singular es la aparición de la semielipse peraltada, no sólo como sección recta de un arco obtenido al proyectar un semicírculo sobre un muro oblicuo, sino también como forma con sentido propio; en uno y otro caso se extienden a la semielipse peraltada los procedimientos derivados de Serlio y De L'Orme. La presencia de este singular elemento arquitectónico en los *Cerramientos* está ligada a la experiencia constructiva de Aranda, que con toda probabilidad construyó arcos de esta clase en la iglesia de Santa Cruz de Cádiz, en la que se encargó de la ejecución del proyecto de Cristóbal de Rojas.¹⁷

¹² V. p. 87 y ss. del Tomo II.

¹³ V. pp. 87 y 113 del Tomo II y 176 de este Tomo III.

¹⁴ V. p. 60 del Tomo II.

¹⁵ V. p. 229 del Tomo II y ss. Hablando estrictamente, se trata de un semióvalo; Aranda sólo dice «formarás el arco C con el altura que tuviere el arco A formándolo con tres puntos de la mejor manera que te pareciere», pero parece que hay que entender que se trata de un semióvalo de tres arcos y tres centros de trazado análogo al óvalo de cuatro centros.

¹⁶ V. pp. 17-27 del Tomo II.

¹⁷ V. pp. 17-27 del Tomo II y 156 y 40 y ss. del Tomo I.

Ligado a la elipse aparece otro punto de gran interés en los *Cerramientos*, el que se refiere a las transformaciones geométricas. En realidad, toda la materia de los *Cerramientos* gira alrededor de estas operaciones. Aranda lo dice bien claro: *Traza es toda cualquiera figura que en su distribución causare alguna alteración de robos y extendimiento de líneas y circunferencias*. Pero Aranda estudia específicamente un tipo concreto de deformación; si Serlio ofrece el «transporte» como medio de cambio de escala, Hernán Ruiz lo recoge para convertirlo en el «transferente» que permite emplear factores diferentes de escala en dos ejes ortogonales. Aranda, como en otros casos, lo expondrá sistemáticamente dedicándole una *Difinition* en la que recoge no sólo el «transferente» de Ruiz, sino la transformación obtenida al proyectar una figura sobre una circunferencia, antecedente de algunas soluciones de Caramuel, como también son precedente de la *Arquitectura oblicua* los balaustres españoles y franceses citados por De L'Orme, dibujados por Vandelvira y empleados por Aranda en la escalera compostelana del Obradoiro.¹⁸

Tras este examen de las aportaciones de la obra de Aranda, consideramos que no se puede seguir sosteniendo la visión de la cantería del Renacimiento ibérico como un saber cerrado, estático y exclusivamente empírico, ni tampoco negar la influencia de De L'Orme en los maestros hispánicos; pero desde luego esto no equivale a entender los textos de Vandelvira o Aranda como simples trasuntos del *Premier Tome* delormiano.

En tiempos de Hernán Ruiz el arte hispánico de la *montea* se centraba en la labra *por robos*, con la única excepción de algunas trazas resueltas por métodos mixtos. Philibert emplea un método para la labra de arcos *por plantas* que tiene grandes ventajas: es simple, preciso, económico. Vandelvira adopta al pie de la letra este procedimiento en *cortes* como el «Viaje por testa».¹⁹ Pero hay problemas que el sistema de Philibert no resuelve. Algunos son cuestiones de detalle, como la el trazado de las molduras; otros son más profundos, como el problema de los arcos de intradós cónico del *Arco en cuadrado y viaje* o las embocaduras elípticas del «Viaje por testa» y aquí se apartará completamente del camino marcado por el maestro francés ofreciendo una solución basada en diagonales, completamente independiente de los abatimientos con charnela en rectas de punta que constituyen la esencia de la construcción de Philibert.²⁰

¹⁸ V. Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de montea*, pl. v, y pp. 187 del Tomo II, 174 y ss., 338 y ss., y 51 y ss. del Tomo I de este trabajo.

¹⁹ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 19 v.

²⁰ V. pp. 60 y 67 y ss. del Tomo II.

Unos veinte años más tarde, Rojas y Aranda adoptan la misma actitud. Siguen literalmente la construcción de Philibert en el *Arco viaje contra cuadrado por testa*,²¹ emplean las construcciones por diagonales de Vandelvira en los capialzados, pero se replantean los puntos débiles de estos procedimientos y buscan alternativas a los trazados recursivos del maestro de Sabiote o entienden mejor el principio de la plantilla rígida. Aranda pretende reunir un tratado completo y no una colección de *exempla* tardomedieval,²² obtiene sistemáticamente las *plantas por lecho* y las *testas*, y recupera procedimientos que estaban empezando a caer en desuso como los *robos* para adaptarlos a los tiempos y resolver con ellos problemas que no se pueden resolver de otra manera; eso sí, limitando en la medida de lo posible la «gran pérdida de piedras» que estos procedimientos comportan.

En cierto modo, la actitud de Rojas y Aranda es la actitud de un técnico moderno: aceptan las soluciones anteriores cuando son correctas y efectivas, las intentan afinar cuando son interesantes pero mejorables, emprenden un camino nuevo cuando encuentran agotados los métodos conocidos. No hay nada en este proceder de la pretensión, también moderna, de la originalidad como condición indispensable de la validez del trabajo artístico. Quizá la confusión entre una concepción y otra es lo que ha llevado en ocasiones a negar la influencia francesa en Vandelvira, como si restara valor al *Libro de trazas de corte de piedras*. Desde nuestro punto de vista, sucede exactamente lo contrario; la huella de Philibert en los *Cerramientos* lo que hace es confirmar una condición esencial de la validez de la producción técnica y científica, la exigencia de conocer lo más valioso y reciente de lo publicado en el campo en el que se trabaja.

2

Un saber de Oc-cidente

Vemos así que la cantería del Renacimiento aparece en Aranda como un saber en rápido desarrollo; no desde luego como la práctica tradicional e inmóvil que se ha querido ver en ocasiones, pero tampoco como un saber nacido de la nada sin raíces en el pasado medieval; y también que frente a una presencia irrelevante de soluciones itálicas, reducidas a la obra franco-italiana de Serlio, existe una apreciable influencia gala; pero esto no quiere decir que los maestros españoles acepten acríticamente las soluciones transpirenaicas, sino que por el contrario, se lanzan a mejorarlas cuando las encuentran insuficientes para resolver los problemas que les preocupan.

²¹ V. p. 41 del Tomo II.

²² V. p. 328 del Tomo I.

Esto puede resultar sorprendente porque choca con algunas asunciones simplistas pero ampliamente extendidas acerca de la arquitectura de nuestro Renacimiento. Nos encontramos ante un saber que no puede adscribirse limpiamente a la cultura del Renacimiento, pues no está libre de contaminaciones medievales; pero que no es, como creen algunos, una tradición estática y en vías de extinción, sino un campo en pleno desarrollo y muy dinámico. Para complicar aún más las cosas, los maestros ibéricos dan en este terreno, pero sólo en este terreno, la espalda a Italia y miran a Francia, sin ningún tipo de complejos por otra parte.

Precisamente porque ponen en crisis algunos esquemas demasiado simples, hay dos cuestiones que merece la pena estudiar: en lo espacial, de qué tipo son las relaciones que vinculan en este campo el ambiente hispánico con lo francés, y en mucho menor grado con lo italiano; y en lo temporal, en qué medida el saber de la *montea* hunde sus raíces en el mundo medieval y en qué grado recibe influencias o sollicitaciones de la arquitectura humanística, el interés por la Antigüedad y la recuperación de la ciencia clásica.

Comencemos en primer lugar por Italia. El interés por la materia no aparece en la tratadística italiana hasta la *Architettura Civile* de Guarini, publicada sólo en 1737, después de la muerte del autor, que trata en realidad de problemas geométricos, la proyección de las curvas de encuentro entre bóvedas, y no de los problemas prácticos de la labra.²³ Se ha hablado de un supuesto desdén de los artistas centro-italianos por la ciencia; hemos visto que esa idea no es del todo sostenible, que en el siglo XV hay un fuerte interés por la óptica y la geometría como solución al problema de la perspectiva, que se desplaza en el siglo XVI a la anatomía para representar el cuerpo humano.²⁴ No es extraño comprobar que algunas de las pocas piezas italianas de estereotomía anteriores a Guarini son obra de figuras centrales en la tradición quattrocentista del arquitecto científico y constructor práctico, como la puerta del Parlascio de Pisa y la escalera del púlpito de Santa Maria Novella de Florencia, en las que intervino Filippo Brunelleschi, o los arcos del zaguán del Palazzo Farnese de Antonio de Sangallo el Joven.

Se ha señalado también de un desdén italiano por la piedra, que se reduce a aplacados y elementos menores, mientras que las bóvedas se resuelven casi siempre en albañilería.²⁵ El Renacimiento italiano vio levantarse en el siglo XV enormes

²³ Werner MÜLLER, «The authenticity of Guarini's Stereotomy in his *Architettura Civile*», en *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1968, pp. 203-208.

²⁴ V. p. 283 del Tomo I.

²⁵ Manuel GÓMEZ-MORENO Y MARTÍNEZ, *Las águilas del Renacimiento español*, pp. 65, 111; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 214; Joaquín ARNAU AMO, *Palladio y la Antigüedad clásica*, Murcia, Colegio de Arquitectos, 1988, p. 27; José Carlos PALACIOS, «La estereotomía en el Renacimiento. El Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del*

moles de piedra, sobre todo en palacios y castillos, mucho menos en iglesias, en las que es más frecuente la cubierta de madera o albañilería. Contra el uso de la piedra en bóvedas de iglesias jugaban dos desconfianzas: la desconfianza italiana por el gótico - *opus francigenum* en un principio, gótico desde los tiempos de Filarete y Manetti no por alemán sino por antirromano²⁶ y la desconfianza franciscana por todo lo que pudiera interpretarse como ostentación, que les llevó a prohibir explícitamente abovedar iglesias salvo el presbiterio. También los arcos eran sospechosos para Alberti, al menos para el Alberti teórico, que en las iglesias prefería dinteles y columnas.²⁷ Junto a esto, hay que considerar la obsesión del Renacimiento italiano por la regularidad geométrica, pues como veíamos más arriba, la totemotecnica encuentra su campo de ejercicio preferido en la irregularidad y Aranda liga el concepto mismo de *traza* a las transformaciones geométricas.

Todo esto es lo que determina que los maestros españoles, que en cuestiones formales miran a Italia, vuelvan sus ojos a Francia en lo constructivo. En el primer caso existe una cierta conciencia mal disimulada de la superioridad italiana, que se hace explícita en ocasiones, como en el ejercicio de oposición de Francisco del Castillo a la maestría de la catedral de Granada.²⁸ En cambio, la técnica constructiva francesa parece verse en un plano de igualdad. Pérouse de Montclos caracterizaba las relaciones entre la cantería hispánica y la francesa bajo el signo de la **reciprocidad**; es decir, los intercambios serían innegables, pero se habrían

Monasterio del Escorial, Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, p. 97; *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*, pp. 12-13, 14; Sergio Luis SANABRIA, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, Tesis doctoral, Universidad de Princeton, 1984, p. 254; Carlos GORDO MURILLO, *Bóvedas oblicuas en cantería. Sus elementos y morfología como factores determinantes de su uso*, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1997, p. 11; Enrique RABASA DÍAZ, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción*, pp. 13-14.

²⁶ Erwin PANOFSKY, «Das erste Blatt aus dem 'Libro' Giorgio Vasaris; eine Studie über der Beurteilung der Gotik in der italienischen Renaissance mit einem Exkurs über zwei Fassaden-projekte Domenico Beccafumis», *Städte-Jahrbuch*, 1930. (Tr. esp. de Nicanor Ancochea, «La primera página del libro de Giorgio Vasari», en *El significado en las artes visuales*, Madrid, Alianza Forma, 1979, pp. 201-202, 207, 218); *Renaissance and Renascences in Western Art*, Estocolmo, Almqvist, 1960, (Tr. española de Maria Luisa Balseiro, *Renacimiento y renacimientos en el arte occidental*, Madrid, Alianza, 1975, pp. 57-59); Giulio Carlo ARGAN, *Brunelleschi*, Milán, Mondadori, 1955 (Tr. española de Juan Bassegoda Nonell, *Brunelleschi*, Madrid, Xarait, 1981, p. 68); Rudolf WITTKOWER, *Gothic versus classic*, Londres, Thames and Hudson, 1974, pp. 19-20, 83-84; Martin TRACHTENBERG, «Gothic/Italian 'Gothic': Toward a redefinition», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1991, pp. 22-23. En algunas ocasiones la imagen se traslada a España; v. Diego de SAGREDO, *Medidas del Romano*, f. E VIII v.: «en merida : donde los romanos edificaron con mucha diligencia edificios muy marauillosos que despues fueron por los godos destruydos» ; y Fernando MARIAS, y Agustín BUSTAMANTE, «Las 'Medidas' de Diego de Sagredo», en Diego de Sagredo, *Medidas del Romano*, p. 122.

²⁷ Leon Battista ALBERTI, *De Re Aedificatoria*, l. VII, cap. 6, p. 563 de la ed. de Orlandi: «Arcuata et pilae theatris debentur, et in basilicis etiam arcuata non aspernantur; sed dignissimis in operibus templorum nusquam nisi trabecatae porticus visuntur». V. Rudolf WITTKOWER, *Architectural Principles in the Age of Humanism*, Londres, Warburg Institute, 1949 (4ª ed. inglesa, Londres, Academy, 1973, pp. 8, 34, 47).

producido en los dos sentidos. Ya nos hemos referido a la influencia de De L'Orme en los métodos de traza de cantería de los *Cerramientos*, pero también es perceptible el reflejo del *Premier Tome de l'Architecture* en la redacción de la obra, especialmente en el prólogo, y en la obra construida de Aranda, aunque aquí resulta difícil separar su influjo del serliano.²⁹ También es indudable la ascendencia francesa de voces como *saltrarregla*, *robar*, *adulcir*, *engauchido*, *montea*, *talus*, *dobela*, *bolsor* o *çercha*.³⁰ Más difícil es saber si estos vocablos pasaron al castellano a raíz de la difusión de la obra de De L'Orme o en épocas anteriores; al menos un término apunta al «hogar del Languedoc» de los siglos del románico, al que se refería Pérouse de Montclos, pero también a la vecina Cataluña; se trata de una voz tan esencial en los *Cerramientos* como es *biaxe*, esto es, esviaje, la dificultad primera de los arcos y capialzados y la que en más ocasiones entra en la combinatoria arandina.³¹

Las pruebas de la influencia hispánica al norte de los Pirineos son más difusas, dado que los textos canteriles españoles más extensos no llegaron a la imprenta, pero pueden rastrearse con alguna certeza. En varios grupos de *trazas* puede postularse la influencia ibérica sobre el suelo francés, como las bóvedas anervadas de la Capilla de los Reyes del Convento de Santo Domingo de Valencia, que encuentran su eco en la capilla de Gaillot de Genouillac en Assier,³² las escaleras «en cercha» frecuentes en los territorios de la Corona de Aragón y sobre todo en Mallorca, que parten del Palacio de los Reyes de Mallorca en Perpignan, y que a través de la escalera del capitolio de Toulouse, desempeñan un papel central en la tradición de las escaleras renacentistas francesas;³³ las bóvedas vaídas, tan frecuentes en el renacimiento andaluz y apenas representadas en Francia por el célebre «Pendentif de Valence»;³⁴ o la bóveda *en vuelta capazo*, que aparece en la

²⁸ V. p. 305 del Tomo I.

²⁹ V. pp. 12 del Tomo II.

³⁰ V. p. 102 del Tomo I.

³¹ V. p. 102 del Tomo I.

³² Felipe María GARÍN ORTIZ DE TARANCO, «Una posible escuela hispanolevantina de crucerías anervadas», en *Homenaje al profesor Cayetano de Mergelina*, Murcia, Universidad, pp. 435, 437-438; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, pp. 151, 212; Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, pp. 100-102, que recuerda la prisión valenciana de Francisco I, del que Gaillot de Genouillac era gran maestro de artillería, y sobre todo «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», en *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, Valencia, Conselleria de Cultura, 1997, pp. 14-59.

³³ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, pp. 167-169, 205-206; v. también Jean GUILLAUME, «Genèse de l'escalier moderne», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, pg 13; Claude MIGNOT, «L'escalier dans l'architecture française: 1550-1640», *ibid.*, p. 61; Daniel BENITO GOERLICH, et al., «Valencia», *La España Gótica. Valencia y Murcia*, Madrid, Encuentro, 1989, p. 346.

³⁴ Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, Paris, Picard, 1982, p. 208.

antesacristía de la catedral de Murcia y después recogen Hernán Ruiz, De L'Orme y Vandelvira.

Estos cuatro grupos de trazas no figuran en la parte conservada de los *Cerramientos*, pero sí encontramos en el manuscrito los arcos *por esquina y rincón*, cuya traza se describe por De L'Orme, Vandelvira y Aranda; sólo conocemos ejemplos contruidos en España, comenzando por el que da acceso al Micalet valenciano.³⁵ También aparecen en Aranda y Vandelvira los lunetos, frecuentes en la península Ibérica y no tanto en Francia hasta el siglo XVII; pero no el luneto apuntado, «maigre et aïgu», que Pérouse considera con razón como característico del siglo XVI español, sino el elegante luneto de cuarto grado de Le Mercier, menos frecuente en la práctica quinientista española, pero presente en Jaén, Úbeda y Granada. En este terreno, los *Cerramientos* presentan por primera vez la solución que Pérouse denomina «pénétration filée» y considera como canónica, aunque sea vinculada a arcos *por arista* y no a verdaderos lunetos.³⁶ También prefigura Aranda soluciones típicamente francesas como los tres célebres capialzados de Marsella, de Montpellier y de San Antonio, que aparecen en los *Cerramientos* con soluciones simples que más adelante alcanzarán mayor refinamiento en la literatura francesa.³⁷

También en los métodos se anticipa Aranda a algunos problemas de los que se ocupará más tarde la tratadística gala. La regla de cálculo de estribos de Aranda, consistente en bajar un *plomo* desde el punto separado de la imposta en un tercio del desarrollo del arco, será adoptada por Derand, Blondel, Milliet-Dechaies y De La Rue, y sólo se pone en cuestión cuando a mediados del siglo XVIII recibe las críticas de Frézier.³⁸

La generalización del método de construcción de elipses derivado de De L'Orme para obtener semielipses peraltadas a partir de semicírculos es un precedente de los procedimientos aún más generales empleados por Frézier para pasar de elipses a elipses. Del mismo modo, la solución arandina del *Arco en rincón de claustria* con la bóveda menor de sección semielíptica peraltada es un antecedente de la que ofrece Frézier; ambas son una alternativa a la solución más usual de Vandelvira, con la bóveda mayor de sección en semielipse rebajada.³⁹

La obsesión por las *plantas* lleva a Aranda a buscar la solución por este sistema a *trazas* de intradós alabeado, como el «biais passé», el «cuerno de vaca», y los capialzados, que abandonarán Derand y Jousse y que retomará Frézier. El empleo

³⁵ V. pp. 185, 214 del Tomo II.

³⁶ V. p. 142 del Tomo II.

³⁷ V. pp. 203 del Tomo II, y 94 y 99 de este Tomo III.

³⁸ V. p. 28 del Tomo II.

³⁹ V. pp. 22 y 214 del Tomo II.

de estas construcciones aparecía ya en Vandelvira, pero Aranda lo sistematiza, prefigurando el método de Frézier de marcar la plantilla y *robar* posteriormente para materializar la superficie alabeada. También es característico el luneto oblicuo que Frézier resuelve *por plantas*, como Aranda, abandonando la solución de Derand, que lo aborda *por robos*.⁴⁰

Otra obsesión de los maestros quinientistas, especialmente Rojas y Aranda, es la de obtener figuras regulares en las embocaduras, y sobre todo igualar las longitudes de las juntas de intradós. Aranda se plantea por primera vez este último problema y aplica para esto el expediente simple pero efectivo y exacto de recortar las plantillas de lecho; Derand, De la Rue y Frézier emplearán después procedimientos más sofisticados para resolver el mismo problema.⁴¹

Como hemos dicho más arriba, el deseo de obtener figuras regulares en las embocaduras lleva a De L'Orme y Vandelvira a buscar testas semicirculares para los arcos esviados, pero la solución del lionés es confusa y la del maestro de Sabiote recursiva, laboriosa y tendente a acumular errores en la práctica. Cristóbal de Rojas encuentra una solución práctica basada en abatimientos sobre rectas horizontales oblicuas al plano del alzado en su «Viaje contra viaje»; Aranda explotará la solución aplicándola en muchas otras *trazas* y dará un paso pequeño pero muy significativo al obtener la *cimbria* en semielipse peraltada de estos arcos. Con esto se completa una inversión de los métodos de la cantería que dará frutos de gran importancia a partir de Desargues y Frézier; en *trazas* como el *Arco viaje contra viaje por testa* la sección recta del cilindro de intradós es semicircular y la testa semielíptica rebajada; Rojas y Aranda dan la vuelta al problema y pegan el arco semicircular al paramento, con lo que la sección recta es una semielipse, como pone de manifiesto la *cimbria* de Aranda. A partir de este momento, la sección recta no es un dato del problema, sino el resultado de la transformación del arco de testa por dos operaciones sucesivas de proyección y sección. Años después Desargues y Frézier generalizan el procedimiento y reúnen en una sola categoría todos los arcos oblicuos, en talud o en desnivel; la elección entre la regularidad de la testa o de la sección recta será la primera decisión que tenga que tomar el arquitecto, que deberá optar por la regularidad de la testa cuando sea posible, extendiendo el procedimiento a otros tipos de arcos como los *en torre redonda* o *cavada*, precisamente los que Aranda intentaba regularizar recortando las plantillas.⁴²

No queremos con esto decir que los tratadistas franceses adopten soluciones de Aranda, ni mucho menos; hay que pensar en un redescubrimiento de problemas

⁴⁰ V. pp. 60, 67 y ss. y 151 del Tomo II y 242 del Tomo I.

⁴¹ V. p. 95 del Tomo II.

⁴² V. pp. 76, 87, 154 del Tomo II.

típicos de la cantería. Por una parte, lo poco que conocemos de la difusión de los *Cerramientos*, sólo nos permite asegurar que eran conocidos en círculos muy estrechos alrededor de Jaén y Granada.⁴³ Pero además, salvo en el caso de la regla de cálculo de estribos, la literatura francesa posterior aborda problemas coincidentes con métodos distintos, o como mucho, formas más evolucionadas y precisas de los mismos procedimientos.

Es particularmente llamativa una relación indirecta en muchos puntos, un lejano aire de familia, con algunas soluciones del *Traité de Stéréotomie*. No podemos entender a Aranda como precedente de Frézier, que, por todo lo que sabemos, no pudo conocer los *Cerramientos*, y que de haber conocido la *Teórica y práctica de fortificación*, la habría descartado como obra tosca y anticuada, pues separan a unos y otro ciento veinte años que se cuentan entre los más fructíferos para el desarrollo de la tomotecnia y la estereotomía. En cambio, se diría que los une un mismo talante, que sería el responsable de ese vago aire de familia; un talante sistemático que obliga a Aranda a exponer una a una todas las *trazas* que conoce, mientras que lleva a Frézier a basarse en principios generales que le permiten abordar también todos los «cortes» conocidos, en una obra de dimensiones enciclopédicas, como debió de serlo para su época el texto de Aranda si es que llegó a su final como creemos; un talante perfeccionista, independiente y testarudo que lleva a uno y otro a buscar decididamente soluciones *por plantas* a problemas que Derand y De La Rue, más prudentes, abordan sólo *por robos*, a igualar las longitudes de las testas por métodos expeditivos o elaborados, a emplear semielipses peraltadas sin temer el rechazo a una forma tan desusada.

Es completamente diferente el caso de la regla de cálculo de estribos, que una vez adoptada literalmente por Derand, con el revelador añadido de los arcos semielípticos peraltados empleados por Rojas y Aranda, encuentra un rápido eco en la literatura francesa, y se acepta sin discusión hasta que precisamente Frézier la critica. Un esquema de difusión, aceptación y rechazo en Francia tan diferente de la ignorancia y redescubrimiento de otros problemas hacen pensar en un medio de llegada de la regla a Francia independiente de Aranda, quizá a través del círculo de El Escorial.⁴⁴

⁴³ V. p. 71 del Tomo I.

⁴⁴ V. p. 28 y ss. del Tomo II.

Estamos demasiado acostumbrados a concebir el Renacimiento y la Edad Media como dos mundos antitéticos separados por una tierra de nadie en la que no hay vida posible. Erwin Panofsky, aun defendiendo la noción de «Renacimiento» contra los que llamaba «desperiodificadores», advertía que el Renacimiento está vinculado al mundo medieval por numerosísimas vías, y precisaba que los historiadores económicos y sociales, y ante todo los de la ciencia, impugnaban la noción de Renacimiento, mientras que esta postura era rara entre los estudiosos de la literatura y prácticamente inexistente entre los del arte.⁴⁵ Dicho de otro modo, si en el plano estilístico se da un corte neto entre gótico tardío y renacimiento, esta fractura no se prolonga en el terreno tecnológico. En este campo lo que hay es evolución, rápida en muchos casos desde luego, pero evolución y no ruptura, acumulación de conocimientos de la ciencia clásica y del lenguaje formal de la Antigüedad y el Renacimiento italiano sobre la tradición medieval.⁴⁶

Veamos cuál es el peso de esta tradición medieval en la totemotecnica quinientista. Diseccionar las relaciones entre la cantería del siglo XVI y la tradición románica no es tarea fácil. Como han expuesto Pérouse de Montclos y Potié, la construcción pétrea del Renacimiento se puede relacionar con las escuelas románicas languedociana y catalana, que basan su cantería en el aparejo de toda la bóveda, más exigente que la solución gótica que se apoya en las nervaduras y resuelve la plementería con sillarejo.⁴⁷ Este modo de hacer reaparece en España a mediados del siglo XV en el área valenciana, con las bóvedas anervadas estudiadas por Garín y Zaragoza; medio siglo después, encontramos esta técnica constructiva en la catedral de Murcia para ejecutar un repertorio formal plenamente renacentista.⁴⁸ Es significativo comprobar que se puede postular la influencia o la

⁴⁵ Erwin PANOFSKY, *Renaissance and Renascences in Western Art*, pp. 38, 78.

⁴⁶ José María CAMÓN AZNAR, *La arquitectura plateresca*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1945, p. 8; A. SENÉ, «Un instrument de précision au service des artistes du Moyen Age: l'equerre», *Cahiers de civilisation médiévale*, 1970, p. 349; Manfredo TAFURI, *Ricerca del Rinascimento. Principi, città, architetti*, Turín, Einaudi, 1992 (Tr. esp. de Mónica Poole Bald, *Sobre el Renacimiento. Principios, ciudades, arquitectos*, Madrid, Cátedra, 1995, pp. 265, 306).

⁴⁷ Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996, p. 19.

⁴⁸ Felipe María GARÍN ORTIZ DE TARANCO, «Una posible escuela hispanolevantina de crucerías anervadas», en *Homenaje al profesor Cayetano de Mergelina*, Murcia, Universidad, 1962, pp. 431-439; Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, pp. 97-105; «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», en *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, pp. 14-59; Cristina GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, *Renacimiento y arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, Murcia, Consejería de Cultura, 1987, pp. 135-137, 161-188.

primacía española respecto a Francia en escaleras *en cercha*, de origen catalán y mallorquín; en bóvedas anervadas típicamente valencianas y arcos *en esquina y rincón* que también aparecen por primera vez en ese reino;⁴⁹ en la *capilla en vuelta capazo* murciana; y en las bóvedas vaídas y los lunetos, para los que el epicentro se sitúa en Andalucía. Todo esto apuntaría a una irradiación desde un foco medieval catalano-langedociano, a uno y otro lado de los Pirineos, a lo largo del Mediterráneo y desde allí al norte castellano, al Loira y a Île-de-France. Esta idea ha sido defendida con brillantez por Pérouse para Francia, apoyándose entre otras cosas en lo que él llama «denominaciones de origen»; también en España éstas refuerzan el papel esencial del Mediterráneo, con el *Caracol de Mallorca*, la «Bóveda de Murcia», el «Ochavo de la Guardia», y un papel más discreto de la meseta con la «Capilla de Cuenca», del mismo modo que en Francia el «Arrière-voussure de Saint-Antoine» parisino se encuentra solo en este selecto grupo frente a una mayoría de modelos meridionales.

Sin embargo, esta certeza se desvanece si comparamos las *trazas* románicas y renacentistas hispánicas con más detenimiento. Poco tienen en común los estrechos arcos *en torre redonda contra torre cavada* de los ábsides románicos y los grandes huecos que dan paso a la rotonda de la catedral de Granada o abren luces en el tambor de la cúpula del Escorial.⁵⁰ En los arcos *avanzados en bóveda* se da una evolución significativa entre las soluciones románicas y las quinientistas: en la colegiata de Toro o la catedral de Zamora es la misma dovela de la bóveda la que forma el intradós del arco, en «pénétration filée»; quizá se labraban primero las dovelas de la bóveda mayor, y sólo después de asentadas se tallaba el intradós del cañón menor;⁵¹ por el contrario, en el siglo XVI las dovelas correspondientes al

⁴⁹ Las bóvedas anervadas valencianas encuentran su eco en la capilla de Gaillot de Genouillac en Assier, entre 1546 y 1550; v. Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, pp. 151, 212; Arturo ZARAGOZÁ CATALÁN, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, pp. 100-102, que recuerda la prisión valenciana de Francisco I, del que Gaillot de Genouillac era gran maestro de artillería, y sobre todo «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», en *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, Valencia, Conselleria de Cultura, 1997, pp. 14-59.

⁵⁰ V. pp. 240-253 del Tomo II.

⁵¹ V. Leopoldo TORRES BALBÁS, «Los cimborios de Zamora, Salamanca y Toro», *Arquitectura*, 1922 (Ahora en *Anales de Arquitectura*, nº 7, 1996, pp. 125-137): «Las pechinas sobre las que se elevan las linternas de los tres templos, parecen estar despegadas por juntas horizontales y verticales y no convergentes al centro, no siendo triángulos esféricos. Su forma no responde a un trazado estereotómico regular, y como se ha observado de varias pechinas francesas, al construirlas debieron colocarse los sillares tan solo escuadrados, labrando las superficies una vez colocadas. Ello explica la forma arbitraria y la relativa continuidad y perfección que presentan. El procedimiento simplificaba notablemente el problema y está muy de acuerdo con los empleados por los arquitectos contemporáneos»; Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, p. 114, 156; Carlos SARTHOU CARRERES, y Pedro Navascués Palacio, *Catedrales de España*, Madrid, Espasa-Calpe, 1998, p. 359.

luneto tienen personalidad propia y sus testas aparecen en el intradós de la bóveda, como «pénétration extradossée», y sólo encontramos la integración de arco y bóveda en el zaguán del Palacio de Carlos V, ya en los albores del siglo XVII.⁵² Todo esto nos lleva a considerar que la aparición de soluciones románicas en la cantería del renacimiento hispánico se debe a un redescubrimiento independiente del conocimiento o interés por las soluciones altomedievales; al fin y al cabo, uno y otro período comparten el aprecio por las formas geométricas simples, el círculo, el cilindro, la esfera; no es de extrañar que sus combinaciones den lugar a dificultades similares.

Poner en cuestión el origen románico de las *trazas* de la cantería renacentista no implica necesariamente negar cualquier raíz medieval de este saber. Por el contrario, la tradición de los pedreros asoma en puntos como los instrumentos de labra y algunos de traza; estos útiles son prácticamente los mismos desde la época románica, aunque en las representaciones que conocemos su forma sufre una clara evolución, ya sea por la búsqueda de una mayor eficacia, por la mayor capacidad de los autores de miniaturas y vidrieras, o por ambas razones.⁵³ También es típicamente medieval la práctica de los trazados a tamaño natural sobre el suelo, que no se abandona a pesar de la presencia cada vez mayor de papel, porque proporciona una exactitud que los dibujos a escala no pueden garantizar.⁵⁴

Aranda traza sus alzados y secciones con desparpajo, tomando a veces medidas de un alzado que después se proyecta contra un plano oblicuo cuando le interesa regularizar la testa del arco.⁵⁵ Este desparpajo no es muy diferente del que lleva a Johann Hultz a representar arcos de círculo en los planos oblicuos de la flecha norte de la catedral de Estrasburgo en su dibujo de 1419, y parece hundir sus raíces en la «geometría constructiva» de los maestros góticos que les llevaba a resolver los problemas prácticos de la construcción mediante procedimientos basados en el manejo elemental pero hábil de la escuadra y el cartabón.⁵⁶ Ahora bien, todo esto no excluye el empleo en otras ocasiones del procedimiento correcto, tomando las longitudes de los lados de las caras de intradós de una *cimbria* o desarrollo de la testa del arco trazada ex profeso; Aranda usa el procedimiento medieval expeditivo o el método exacto según le convenga igualar

⁵² V. p. 142 del Tomo II.

⁵³ V. pp. 130-140 y 197-219 del Tomo I.

⁵⁴ V. pp. 117-130 y 181 y ss. del Tomo I.

⁵⁵ V. pp. 183 y ss. del Tomo I, y 176 y ss. de este Tomo II.

⁵⁶ Sergio Luis SANABRIA, «A Late Gothic Drawing of San Juan de los Reyes in Toledo at the Prado Museum in Madrid», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1992, p. 168-169; v. también p. 271 y ss. del Tomo I de este trabajo. Para la posible relación de Hultz con España, v. José María CAMÓN AZNAR, *La arquitectura plateresca*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1945, p. 15.

las *tiranteces* u obtener una representación en verdadera magnitud de la cara de intradós.

También es de origen medieval una idea expresada con firmeza por Aranda: el arquitecto precisa de una formación que sólo puede ofrecer la práctica y el conocimiento directo de los oficios, puesto que *los liniamentos de las trazas de monteá [...] en nuestros tiempos no las alcanzan a tener si no es aquellos que en su mocedad se han dado a la disciplina del trazar y contra hacerlas* y para ello es necesario *estar los artífices continuamente asidos a la materia*. Pero esta formación no basta, puesto que *el arquitecto para ser perfecto no ha de carecer de los demás artes*; serán necesarios también los conocimientos vitruvianos, la temática nueva de la arquitectura humanística.⁵⁷

De esta manera el mundo del Renacimiento aporta nuevos instrumentos, contenidos y problemas que van a transformar este saber tradicional hasta el punto de hacer de él una cosa enteramente nueva. La presencia de los *modelos* es, contra lo que se podría pensar, una muestra de la penetración de soluciones italianas en el mundo tardomedieval de la cantería, pues son extraños a la tradición medieval, la palabra española es de origen italiano y el yeso, lejos de relacionarse con una tradición ibérica, es en realidad un material propio de los «modellini» de los escultores transalpinos.⁵⁸ También algunos medios de asiento o traza, como las escuadras y niveles de Philibert, o el compás de elipses de Guidubaldo del Monte, que aparece en el área hispánica algo después de la muerte de Aranda, son recuperación de instrumentos clásicos, o invención fruto del interés renacentista por la ciencia, como el nivel de tranco graduado de Cristóbal de Rojas⁵⁹

Pero el impacto decisivo del Renacimiento sobre el arte de la cantería viene dado por la completa renovación del catálogo de *trazas* a principios del siglo XVI. Alonso de Vandelvira abre la parte de su manuscrito dedicada a arcos diciendo que «Tres maneras se hallan de arcos en el romano a medio punto [...] sarpanel [...] y escarzano».⁶⁰ Aranda estructura la materia a partir del arco de medio punto: *Arco es toda figura circular que fuere contenida de un diámetro y media circunferencia que se nombra semicírculo*; pero advierte desde el primer momento que esto es sólo el inicio de una vasta combinatoria: *de esta figura semicírculo proceden muchas figuras en infinito como adelante se verán puestas por demostración*.⁶¹

⁵⁷ V. pp. 263-299 del Tomo I. Cf. Antonio de la BANDA Y VARGAS, *El arquitecto andaluz Hernán Ruiz II*, p. 69-70, 73-74.

⁵⁸ V. p. 140 del Tomo I.

⁵⁹ V. pp. 136 y ss., 216 y ss. y 156 del Tomo I.

⁶⁰ Alonso de VANDELVIRA, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 18 r.

⁶¹ Ginés MARTÍNEZ DE ARANDA, *Cerramientos y trazas de monteá*, pl. 1a.

De esta manera el arco apuntado queda reducido a una condición marginal, y en la parte del manuscrito de Aranda que conocemos sólo lo recuerda una pálida sombra, los arranques en «tas-de-charge» de los arcos *fuera de simetría* de directriz semicircular. En su lugar aparecen o reaparecen súbitamente multitud de piezas constructivas que requieren lo que Enrique Rabasa ha llamado la «pre-visión», en cierto modo una manifestación de la ideación que ocupa un lugar esencial en el método proyectual de Alberti. Battisti señala que la concepción albertiana de la idea sobre la que el arquitecto debe fantasear y dar vueltas en la cabeza durante meses se opone a una concepción medieval de raíz aristotélica según la cual el arquitecto ha de materializar una idea preexistente, una norma a la que el edificio construido se adapta pasivamente.⁶² Como consecuencia, ya no se trata de poner en práctica un proceso constructivo conocido y razonable que asegura por sí mismo la coherencia de la pieza resultante, sino de invertir la situación y disponer de un proceso suficientemente flexible como para permitir la realización de una forma concebida previamente, **pre-vista**. Por decirlo en palabras de Choisy:

Blois, Saint-Germain, presentan únicamente bóvedas construidas al modo gótico [...]

Sólo en la época de Philibert De L'Orme se comienza a invertir el problema: obligarse arbitrariamente a realizar una forma de bóveda más o menos compleja, y adaptarle un aparejo más o menos costoso.

Así comienzan los juegos geométricos de la estereotomía moderna.⁶³

En realidad, este fenómeno aparece en la Península Ibérica antes de la llegada del repertorio formal clásico, en las obras valencianas de la mitad del siglo XV y muy especialmente en la capilla funeraria de Alfonso el Magnánimo; pero se trata de una experiencia limitada a unos pocos tipos de bóvedas, y las más significativas, las bóvedas anervadas de la capilla, tendrán una continuidad muy limitada.⁶⁴ Nos encontramos por tanto ante una voluntad de liberación formal que estaba latente

⁶² Marco VITRUVIO, *De architectura libri decem*, l. VI, cap. 11; Leon Battista ALBERTI, *De re Aedificatoria*, l. II, cap. 1, pp. 95, 97 de la ed. de Orlandi, y l. II, cap. 3, p. 107; Juan Bautista VILLALPANDO, *De postrema Ezechielis prophetae visione*, Roma, 1604, vol. II, l. I, cap. II y VIII; Eugenio BATTISTI, «El método proyectual según el 'De Re Aedificatoria' de Leon Battista Alberti», *Il Sant'Andrea di Mantova e Leon Battista Alberti*, 1974 (Tr. española de Juan A. Calatrava, *En lugares de vanguardia antigua*, Madrid, Akal, 1993, pp. 51-53); Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, pp. 53-56, 62, 64; Enrique RABASA DÍAZ, «Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 423, 424.

⁶³ Auguste CHOISY, *Histoire de l'Architecture*, p. 704: «Blois, Saint-Germain ne présentent que des voûtes bâties à la manière gothique, 'à la mode française' [...] / Ce n'est guère qu'à l'époque de Ph. Delorme qu'on commence à renverser le problème: s'imposer arbitrairement une forme de voûte plus ou moins complexe, et lui adopter un appareil plus ou moins coûteux. / Alors commencent les jeux géométriques de la stéréotomie moderne.»

⁶⁴ Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Crujería*, Valladolid, Universidad, 1998, p. 157.

en la última arquitectura medieval y que explota al llegar el Renacimiento.⁶⁵ Será esta **pre-visión** la que dará lugar en el Renacimiento a una completa renovación de los métodos de traza y labra.⁶⁶ Torni, Siloé, Quijano o Vandelvira obligan al arte medieval de la *montea* a incorporar el nuevo lenguaje romano; pero este proceso convierte al «viejo saber» de los canteros, como lo llama Marías, en una disciplina nueva.⁶⁷ Es revelador que los viejos «moles» medievales se transfiguran en los «moules» o las MOLDURAS de los órdenes clásicos, mientras que para las plantillas de la *montea* aparecen los neologismos PLANTA y «panneau».⁶⁸

También es típicamente renacentista, completamente opuesta al hábito medieval del secreto, la mera decisión de ofrecer los textos de cantería a un público amplio o reducido.⁶⁹ Hernán Ruiz o el maestro que llamamos Alonso de Guardia realizan cuadernos para su uso personal, como Villard de Honnecourt; en cambio, De L'Orme y Rojas los dan a la imprenta, alabada por Alberti.⁷⁰ Aranda también debió de pensar en un primer momento publicar los *Cerramientos*, como indica la noticia de la dedicatoria al arzobispo don Maximiliano, transmitida por Martínez de Mazas y Ceán; si el manuscrito que conocemos no lleva la dedicatoria ni otros signos de estar destinado a las prensas, al menos queda el prólogo *AL LECTOR*, que lo dirige a un auditorio genérico y no al estrecho ambiente de la logia.⁷¹ La apertura del saber técnico a un público ilimitado en potencia es importante en sí, pero aún más decisivos son sus efectos, porque permite a este saber escapar de los secretos de la logia, lo disocia de las «artes mecánicas» medievales y crea una nueva categoría de conocimiento que no se encuadra en éstas, sino que se acerca a las artes liberales.⁷²

Para esto es esencial el papel que desempeña en el nuevo saber la ciencia clásica. La geometría ocupa un lugar central en la arquitectura de este momento, en ámbitos muy diversos. Sigue estando presente en los trazados generales en planta, como en la época de Rodrigo Gil; es la que permite sofisticados diseños de

⁶⁵ Sobre la relación del manierismo con el virtuosismo del último gótico, v. John SHEARMAN, *Mannerism*, pp. 60.

⁶⁶ Enrique RABASA DÍAZ, «Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI», p. 431.

⁶⁷ Fernando MARÍAS, *El largo siglo XVI*, pp. 395, 412.

⁶⁸ V. p. 207 del Tomo I.

⁶⁹ V. José María GENTIL BALDRICH, «Una relectura de la 'Carta sobre la Arquitectura' a León X», en *Dibujo y Arquitectura. Investigación Aplicada. Actas del IV Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, Valladolid, Grapheus, 1992, p. 93.

⁷⁰ Eugenio GARIN, *Il Rinascimento italiano*, Milán, Istituto per gli Studi di Politica Internazionale, 1941 (Ed. italiana Bolonia, Capelli, 1980. Tr. española de Antoni Vicens, *El Renacimiento Italiano*, Madrid, Ariel, 1986, p. 64).

⁷¹ V. p. 107 y ss del Tomo I.

⁷² Philippe POTIÉ, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, pp. 69-71, 75.

elementos de detalle, como los balaustres del Obradoiro, los órdenes oblicuos de De L'Orme, Vandelvira y Caramuel, las columnas ovales del Palacio de los Guzmanes de León o las que propone el obispo de Vigevano para la plaza de San Pedro de Roma, en polémica con Bernini;⁷³ forma el núcleo central de la totemotecnia renacentista, y con ella, de la construcción pétrea, que a su vez es el material por antonomasia del renacimiento hispánico e incluso es el instrumento con el que se resuelven los problemas de diseño estructural como en la regla de cálculo de estribos de Aranda, en concordancia con la ciencia de la época, que trasladaba a la geometría los problemas mecánicos.⁷⁴

Los tratados de cantería del siglo XVI emplean directamente un número muy corto de proposiciones euclidianas, a veces generalizadas, particularizadas o transformadas para ganar en exactitud o en economía de trazado, pero sí toman de los *Elementos* la notación y la voluntad de sistema.⁷⁵ Este interés por la geometría llega a los canteros españoles en parte por influencia de De L'Orme,⁷⁶ pero quizá en mayor medida a través de la ciencia de la fortificación, sometida a un proceso de evolución acelerada en el siglo XVI debido al peso que adquiere a lo largo de la centuria la artillería, conocida con anterioridad pero que empieza a usarse de un modo eficaz a partir de la campaña sobre Nápoles de Carlos VIII de Francia a finales del siglo anterior. Alicia Cámara ha planteado que la ingeniería ejerció una influencia decisiva en la arquitectura española de la segunda mitad del siglo XVI, destacando el papel de Cristóbal de Rojas;⁷⁷ casi todos los nombres clave de la cantería española a finales del siglo XVI se ocupan más o menos intensamente de la construcción o reparación de murallas, baluartes o fortalezas.⁷⁸

El arte de la fortificación aporta a la cantería un grupo importante de trazas; el carácter militar de los arcos *en talus* es evidente y ya se ha comentado, pero también debe recordarse la vinculación a las fortalezas de los arcos abocinados y las «troneras», en francés «cannonnières». Más decisiva debió de ser la influencia del arte militar en los métodos de trabajo y en los hábitos mentales. La necesidad de contar con artilleros e ingenieros con una formación sólida, junto a la importancia política y económica de la navegación y la cartografía, fue lo que impulsó la creación de la Academia de Matemáticas, dirigida por los trazadores reales, en la que tanta importancia tendría la geometría.⁷⁹ Estas mismas necesidades dan lugar a

⁷³ V. p. 338 y ss. del Tomo I.

⁷⁴ V. p. 28 y ss. del Tomo I.

⁷⁵ V. p. 193 del Tomo I.

⁷⁶ V. p. 321 del Tomo I.

⁷⁷ Alicia CÁMARA MUÑOZ, «El papel de la arquitectura militar y de los ingenieros», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, Madrid, Fundación Argentaria, 1998, pp. 386, 388, 389.

⁷⁸ V. p. 301 del Tomo I.

⁷⁹ Alicia CÁMARA MUÑOZ, «El papel de la arquitectura militar y de los ingenieros», p. 391.

un modelo profesional que pasa a la arquitectura civil y transforman el viejo maestro practicion medieval en una figura tan opuesta a éste como al arquitecto-artista de origen italiano, la del «nuevo profesional» detentador de un saber híbrido, fruto de la teoría y el estudio, pero también de la práctica y el trabajo, *la diciplina y estudio de ellas trabajosa por haber de estar los artifices continuamente asidos a la materia*.⁸⁰

Hasta aquí hemos visto al arte de la cantería como un saber complejo porque recoge en su interior elementos de diversas disciplinas y de ámbitos culturales muy diferentes. Pero el subsistema de la cantería es parte del sistema, aún más complejo, de la arquitectura. Una *parte principal*, como dice Aranda, pero no única; Rojas o De la Faillie ponderarán su verdadero peso en el ambiente hispánico del renacimiento tardío y el primer barroco, comparable al del lenguaje de los órdenes, complementario de éstos y no alternativo como se ha llegado a pensar.⁸¹ Ya hemos visto como el arte de los trazados, la geometría de los canteros, desempeña un papel central para resolver no sólo el problema constructivo de la tomotecnia, sino para abordar cuestiones que hoy consideramos estructurales y de diseño. La relación entre *trazas de monte* y renovación estilística es bidireccional; si el deseo de disponer de un nuevo vocabulario formal da lugar a una ampliación súbita del repertorio canteril y de una evolución acelerada de su métodos, el arte de la cantería permite experimentos lingüísticos imposibles en Italia.⁸² La innovación constructiva va unida a la libertad formal, al menos en España y Francia.⁸³

A la vista de lo expuesto, creemos que no se puede mantener la visión de la cantería hispánica del siglo XVI como una práctica medieval y retardataria, sino como un saber estructurado por principios vitruvianos como el del conocimiento de todas las ciencias o la dualidad entre «fabrica» y «ratiocinatio», que no renuncia a lo que encuentra útil en la tradición constructiva medieval sino que busca potenciarlo con la geometría euclídea;⁸⁴ un saber puesto al servicio del repertorio formal renacentista pero que no se encierra en el compartimento estanco de la práctica constructiva ni se concibe con un carácter meramente instrumental sino

⁸⁰ V. p. 299 del Tomo I.

⁸¹ V. p. 338 del Tomo I.

⁸² Manfredo TAFURI, «Il palazzo di Carlo V a Granada: architettura 'a lo romano' e iconografia imperiale», p. 246 de la trad. española.

⁸³ Manfredo TAFURI, *L'Architettura del Umanesimo*, pp. 87, 125, 126 de la trad. española.

⁸⁴ Pamela O. LONG, «The contribution of architectural writers to a 'scientific' outlook in the fifteenth and sixteenth centuries», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, 1985, p. 271. Una visión similar es la que expone para la carpintería de raíz andalusí María Angeles TOAJAS ROGER, en la Introducción a Diego LÓPEZ DE ARENAS, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco y tratado de alarifes*, Madrid, Visor, 1997, pp. 14-15, y en «Diego López de Arenas, su arte y sus textos», *ibid.*, pp. 27, 28. No es extraña la influencia en López de Arenas de Tartaglia, Pérez de Moya, Julio César Firrufino y, sobre todo, Cristóbal de Rojas; v. *ibid.*, pg. 50-51.

que permite y alimenta un experimentalismo formal que acabará dando lugar a la «Arquitectura oblicua», justificando la obra de Caramuel y Guarini, desempeñando un papel relevante en la arquitectura barroca.

TRANSCRIPCIÓN LITERAL

[ii]¹ Esta obra manuscrita de «Cerramientos y trazas de Montea» de Gines Martinez de Aranda, arquitecto; la compra por 20 reales el Capitan Quiroga, en el puesto de libros de Dochao, para la Biblioteca del Museo de Ingenieros, en Setiembre de 1899

Lastima es que este interesante libro no contenga las cinco partes de que habla el autor en su prologo, pues concluye en la tercera.

Fue Gines Martinez de Aranda, segun Cean Bermudez, maestro de la Catedral de Santiago de Galicia á principios del siglo 17 o fines del 16. No da mas noticias de él

Don Josef de Churriguera, de quien fue este libro despues de Don Alberto de Churriguera, es el famoso gefe de los Churrigueras, como le llama Bermudez en sus anotaciones a Llaguno y Amirola [iii]

²AL LETOR

COMO considerase *que* muchos de los sabios Arquictetos antigos *que* escribieron en el arte de Arquitectura y la esperimentaron en grandes edificios *que* al presente ay fechos no pusieron en platca los liniamentos de las traças de montea y en nuestros tienpos no las alcançan a tener si no es aquellos *que* en su moçedad se an dado a la diçiplina del tracar y contra haçerlas me pareçio ponerlas por escritura no mirando si abia avtor ni maestro antigo debaxo de cuya dotrina anpararme para tener el avturidad *que* conbenga especialmente sabiendo la necesidad *que* el arte de arquictetura tiene destas dichas traças de montea por ser prencipal parte suya y por aRimarme a la dotrina *que* bitrubio nos enseña en el primero capitulo de su primero libro donde diçe³ *que* el arquitecto para ser perfeto no a de careçer de los demas artes. Siendo esto Asi como se a tenido perpetuo silençio en estas dichas traças de montea si no me engaño los grandes artifiçes antigos las an dexado para *que* los benideros tengan continuo exerçicio en el traçar y contrahaçerlas O por ser la diçiplina y estudio de ellas trabaxosa por aber destar los artifiçes continuamente asidos a la materia para ponerlas por modelos. O por no aber dado en las difinitiones *que* los terminos dellas tienen para ponerlas por escritura por tanto digo *que* estubo muy eloquente el filosofo Socrates *que* bitrubio nos diçe en el terçero prologo de su libro *que* los onbres abian de ser traspa<a>rentes⁴ [iv] para q[ue] se pudieran claramente conocer los *que* eran sabios y asi fueran tenidos en lo *que* merecen pues no es asi sino como quiso la naturaleza no es posible *que* los onbres puedan xuzgar la ciencia de los artes oscuras como ello pasa y los mesmos Artifices aunque prometan su prudencia si no son Ricos y mui faboreçidos y bien hablados no pueden alcançar avturidad conforme a la yndustria de sus estudios para *que* se crea *que* saben aquello *que* profesan espeçialmente en esta escritura *que* los bocablos naçen de la propia neçesidad del arte y por no ser vsados son oscuros. si las escrituras *que* contienen preçetos ampliamente no se Resumen y abrebien y con pocas palabras se declaran pondran en duda a los letores por tanto me pareçio por mas claridad⁵ dibidirlas en çinco partes en la primera tratare de arcos dificultosos en la segunda de capialçados y puertas en la terçera de caracoles y escaleras en la quarta de pechinas y bobedas en la quinta de capillas y ochabos en todo esto e puesto mucho cuydado y delixencia en la dispusiçion *que* fuese de tal manera *que* no solamente los elebados y sutiles enxenios las ayan dentender pero los medianos sean dellas parteçipantes segun *que* sean enclinados al arte harto sera començar y abrir el camino a los *que*. fueren mas abisados y no menos⁶ deseosos de ayudar a enRiqueçer este arte *que* yo la dificultad *que* descrebir estas dichas traças ay es la *que* se tiene en hallar moneda de buen metal y subida de quilates por *que* asi como [v] es mas estimada la *que* debaxo de menos materia contiene mas balor

¹ Esta nota, hasta «Llaguno y Amírola» corresponde al momento de la adquisición de la copia que actualmente se conserva en el Servicio Histórico Militar para la Biblioteca del Museo de Ingenieros en 1899.

² Aquí comienza la copia de los *Cerramientos*, que continúa de la misma mano hasta la página 250.

³ Intercalado *donde dice*.

⁴ *a de transparentes* perdida al cortar el papel después la escritura.

⁵ *brevedad* corregido para dar *claridad*.

⁶ *no menos* intercalado.

asi es mas eçelente traça la *que* en pocas palabras tiene ençerados muchos y notables puntos de xeometria y asi en esto sienpre tube cuydado y prencipal intento de contra haçer las dichas traças y ponerlas por modelos antes de ponerlas por escritura quanto pude hiçe por sacar a luz la grande ObscuRidad *que* los terminos dellas tienen consultandolas con *onbres* dotos y personas eminentes y tracistas pero con todo eso si esta conpostura y parte della no estubiere tal suplico no se ynpute a mi boluntad ni poco trabaxo porq[ue] como onbre pude eRar.

Que cosa es traça

Traça es toda qualquiera figura *que* en su distribuçion cavsa alguna alteraçion de Robos y estendimiento de linias y çircunferençias Estas se componen de Area y particion y montea⁷ de *que* proceden muchas y infinitas figuras xeometricas como adelante se beran en demostracion y declaraçion de difinitiones⁸ *[vi]*⁹
[1a]

PRIMERA PARTE

DE ZERAMIENTOS I TRAZAS DE MONTEA POR

XINES MARTINEZ DE ARANDA ARCHITECTO

Esta primera parte es aplicada para arcos dificultosos. Arco es toda figura circular *que* fuere contenida de un diamitro y media çircunferençia que se nonbra çimiçirculo desta figura çimiçirculo proçeden muchas figuras en infinito como adelante se beran puestas por demostraçion¹⁰

DIFINITIONES DESTA PRIMERA PARTE

Difinition primera muestra baxar arcos gr[a]ndes con pequ[e]ños y subir pequeños con grandes

Supongo *que* quieres baxar el arco **A** *que* es el grande con el arco **B** *que* es el pequeño tomaras el alto de los plomos de las xuntas y mitades de los bolsores del arco pequeño **B** y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en el arco grande **A** formarás el arco endulçido **C** y para subir el arco pequeño **B** con el arco grande **A** tomaras el alto de los plomos *[1b]* de las xuntas y mitades de los bolsores del arco **A** y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en el arco **B** formarás el arco endulçido **D** y estos dichos arcos endulçidos se an de formar circundando cada bolsor desde su punto coxiendo las alturas de los tres plomos *que* le tocare a cada bolsor formando los dichos bolsores desde los dichos puntos

⁷ montea intercalado.

⁸ Sello «BIBLIOTECA DEL MUSEO DE INGENIEROS»

⁹ Nota «G-12-14» a lápiz.

¹⁰ Nota «1730» a bolígrafo.

Difinition segunda muestra baxar çircunferençias grandes con pequeñas y subir pequeñas¹¹ con grandes
 Supongo *que* quieres baxar la çircunferençia E *que* es la grande con la çircunferençia F *que* es la pequeña Repartiras entramas çircunferençias en partes yguales y de los puntos de la pequeña sacarás vnas líneas paralelas *que* toquen en los plomos *que* baxaren [2] de los puntos de la çircunferençia grande y adonde tocaren harás vnos puntos despues coxeras los dichos puntos de tres en tres y quedara formada la çircunferençia yndulçida G y para subir la çircunferençia pequeña con la grande se hara desta manera supongo *que* quieres subir la çircunferençia H *que* es la pequeña con la çircunferençia I *que* es la grande Repartiras entramas çircunferençias en partes yguales y de los puntos de la çircunferençia grande I sacarás a nibel vnas líneas paralelas y de los puntos *que* tubiere la çircunferençia pequeña H subiras perpendicularmente vnos plomos hacia Riba y adonde tocaren los dichos plomos con las dichas líneas a nibel harás vnos puntos despues coxeras los dichos puntos de tres en tres y quedara formada la çircunferencia yndulçida L [3]

Difinition terçera muestra estender y encoxer arcos sobre un biaxe

Formaras el arco M en çimiçirculo supongo *que* lo quieres estender sobre la línea en biaxe N tomaras las alturas *que* tubieren los plomos en el dicho arco M y con estas alturas y con¹² las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en la dicha línea N formarás el arco O coxiendo todos los puntos de las alturas de los dichos bolsores con la çircunferençia *que* quavsaren [4] y para encoxer el dicho arco se hara desta manera supongo *que* ¹³el arco P quieres¹⁴ encoxer sobre la línea Q tomaras las alturas de los plomos del arco P y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en la dicha línea Q formarás el arco yndulçido R coxiendo todas las alturas de los dichos plomos desde los puntos *que* les conbiniere y si para encoxer este dicho arco no supieres mas *que* el altura de los plomos del arco P y la largura de la línea Q sin *que* llegen plomos ningunos a ella echarás en las alturas de los dichos plomos vnas líneas en blanco a nibel y despues buscarás por las dichas líneas en blanco la çircunferençia en partes yguales y coxeras todos los puntos con vna çircunferençia endulçida como pareçe en el arco de la (cruz) y esta figura se hara mexor quando se echaren líneas en blanco en las alturas de las mitades de los dichos bolsores por *que* se buscara¹⁵ con munchas partes la çircunferençia

Difinition quarrta muestra estender arcos sobre una çircunferençia

Supongo *que* el arco çimiçirculo S quieres estender sobre la çircunferençia T tomaras las alturas de los plomos del dicho arco S y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en la çircunferençia T formarás el arco yndulçido V coxiendo todas las alturas de los dichos plomos con la çircunferençia estendida q[ue] cavsa [5]

Difinition quinta muestra restribar los arcos y darles sus gruesos

Para Restribar el arco çimiçirculo X le Repartiras su çircunferençia en tres partes y por vna destas *que* es el punto a baxaras un plomo perpendicularmen *que* baya a tocar a su diamitro al punto b y lo *que* vbiere desdel punto b al punto c eso tendra de Restribo este dicho arco cimiçirculo

Para Restribar el arco en Segmento menor de çirculo Y le Repartiras su çircunferençia en tres partes y por vna dellas *que* es el punto d baxaras vn plomo de quadrado *que* toque en el punto e y lo *que* vbiere desdel punto e al punto f eso tendra de Restribo este dicho arco en Segmento menor de çirculo.

Para Restribar el arco apuntado Z le Repartiras su çircunferençia en tres partes y por vna dellas *que* es el punto g baxaras un plomo de quadrado *que* toque en el punto h y lo *que* vbiere desdel punto h al punto i eso tendra de Restribo el dicho arco apuntado [6] y desta manera se an de Restribar todas qualesquiera manera de arcos y para darles su grueso conforme a sus anchos se les dara desta manera tiniendo el arco

¹¹ e de pequeñas intercalada.

¹² con intercalado.

¹³ Repetición obvia.

¹⁴ Aparece tachado *est*, probablemente principio de *estender*.

¹⁵ Aparece *pr* tachado.

desde çinco a diez pies de ancho se le dara de grueso¹⁶ la sesta parte de su ancho y si tubiere desde diez a beynte pies de ancho se le dara de grueso la otava parte de su ancho y si tubiere desde beynte hasta quarenta pies de ancho se les dara de grueso la deçima parte de su ancho.

Arco biaxe contra quadrado por testa

Para traçar este dicho arco biaxe contra quadrado por testa le formaras el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta **B** y asimismo formaras el arco yndulçido **C** *que* sirbe de testa para el lado de la planta en biaxe **D** y este dicho arco se a de yndulçir con el altura de los plomos del arco **A** y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en el lado en biaxe **D** conforme se hiço en la difinition terçera desta primera parte figura **O** y para sacar las plantas por caras las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara **E** tomaras el ancho de su bolsor en el arco **A** desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño lo galgaras con la linia **c** y la *que* se galgare sera la linia **E** despues tomaras el largo de la linia **d** desdel punto **e** al punto **f** y este tamaño lo echaras en la linia **E** desdel punto **g** al punto **h** y a este dicho punto **h** tirarás la testa en biaxe *que* a de serbir para el arco **C** desdel [7] punto **i** de manera *que* entre los quatro angulos señalados con las letras **g h i l** quedara formada la dicha planta por cara y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por cara para plantarlas al xusto y para sacar las plantas por lecho las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho **F** tomaras el largo de su xunta en el arco **A** desdel punto **1** al punto **2** y este tamaño lo galgaras con la linia **3** y la *que* se galgare sera la linia **F** [8] despues tomaras el largo de la linia en blanco **4** desdel punto **5** al punto **6** y este tamaño echaras en la linia **F** desdel punto **7** al punto **8** y a este dicho punto **8** tirarás la testa en biaxe *que* a de serbir para el arco **C** desdel punto **9** de manera *que* entre los quatro angulos señalados con los numeros **7 8 9 10** quedara formada la dicha planta por lecho y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto

Arco disminuydo por testa

Para traçar este dicho arco disminuydo por testa le formaras el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe de xuzgo para trcarlo demas y a este arco le baxaras los plomos *que* atrabiesen los dos lados de la planta **B** y asimismo formaras el arco **C** *que* sirbe de testa para los dos lados de la planta **B** y este dicho arco se a de yndulçir con el altura *que* tubieren los plomos en el arco **A** y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en cualquiera de los lados de la planta **B** conforme se hiço en la difinition terçera desta primera parte figura **O** y para sacar las plantas por caras las sacaras galgando cada vna con el ancho de su bolsor desdel plomo q[ue] baxo de la xunta baxa *que* benga a tener la dicha planta por el lecho alto el largo *que* tubiere el plomo *que* baxo de la xunta alta del dicho bolsor entre los dos lados de la planta del arco señalados con la **B** conforme se hico en el arco biaxe contra quadrado por testa a 6 planas deste libro y para sacar las plantas por lechos las sacaras galgando cada vna con el largo de su xunta *que* tenga la dicha planta por el tardos lo *que* tubiere de largo el plomo *que* baxo del tardos de la dicha xunta entre los lados de la planta **B** conforme se hiço en el dicho arco biaxe contra quadrado por testa [9]

Arco biaxe contra biaxe por testa

Para tracar este dicho arco biaxe contra biaxe por testa formaras el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe de xuzgo y asimismo formaras el arco yndulçido **B** *que* sirbe de testa para los dos lados de la planta **C** y este dicho arco **B** se a de yndulçir [10] con el altura *que* tubieren los plomos en el arco **A** y con las distançias *que* vbiere de unos plomos a otros en qualquiera de los lados de la planta **C** como se hiço en la terçera difinition de esta primera parte figura **O** y las plantas por caras y por lechos [11] deste dicho arco se an de sacar conforme se hiço en la testa en biaxe del arco biaxe contra quadrado por testa a 6 planas deste libro y si este dicho arco por tener tanto biaxe hiçiere algun xenero de gaRote la primera xunta subiras la primera planta fuera de su simetria la beyntena parte del ancho de su bolso¹⁷ *que* sera hasta el punto (**cruz**)

¹⁶ de grueso intercalado.

¹⁷ Error por bolsor.

Arco biaxe contra quadrado por lado y por Robos

Para trazar este dicho arco biaxe contra quadrado por lado y por Robos le formaras el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado ancho de la planta¹⁸ **B** y asimismo formaras el arco **C** en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado angosto de la planta **D** y para Robar las pieças deste dicho arco las Robaras desta manera supongo *que* quieries Robar el bolsor **E** lo labraras primero de quadrado con la forma *que* parece entre los quatro puntos **1 2 3 4** *que* tenga de grueso lo *que* tubiere de ancho la planta [12] y despues la Robaras por la testa *que* mirare al arco pequeño **C** con el Robo *que* parece entre los numeros **1 2 5 6** *que* benga a *quedar* la cara por el lecho baxo con las salta Reglas *que* cavsare en los lados de la planta la linia **F**¹⁹ y benga a *quedar* la cara por el lecho alto con las salta Reglas *que* cavsare en los lados de la planta la linia **G** y desta manera se an de Robar todas las demas pieças deste dicho arco.

Arco en biaxe contra quadrado por lado y por plantas al xusto

Para traçar este dicho arco biaxe²⁰ contra quadrado por plantas al xusto le formaras el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado ancho de la planta **B** y asimismo formaras el arco **C** en çimirculo *que* sirbe de testa para el lado angosto de la planta **D** y çircundaras la çircunferençia en blanco **E** *que* sirbe de xuzgo para sacar las plantas por lechos las quales dichas plantas por lechos sacaras desta manera supongo *que* quieries sacar la planta por lecho **F** tomaras en su xunta lo *que* desbia el arco **A** de la çircunferençia **E** desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño desbieras desde el punto **c** al punto **d** y a este dicho punto **d** tirarás la cara de la dicha planta por lecho **F** desde el punto **e** y con esta dicha linia y con los lados de la planta **B D** quedara formada la dicha planta por lecho como parece entre los quatro angulos **d e f g** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lecho para plantarlas al xusto y las plantas por caras <se an>²¹ de sacar desta manera supongo *que* quieries sacar la planta <po>²² cara **G** tomaras el largo de la linia **F** desde el punto **d** al punto **e**²³ y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **1** y con la otra tocaras en el plomo *que* baxo de su xunta mas alta en el punto **2** y por este dicho punto **2** tirarás²⁴ [13] la linia en blanco *que* sirve de xuzgo **3** *que* haga angulo Reto con la linia de su xunta baxa **4** despues tomaras el ancho de su bolsor en el arco **A** desde el punto **5** al punto **b** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **6** y con la otra tocaras en la linia en blanco **3** en el punto **7** y a este dicho punto **7** tirarás la test<a de>²⁵ la dicha planta por cara *que* sirbe para el dicho arco **A** desde el p<unto>²⁶ **6** y despues formaras la dicha planta de suerte *que* tenga de largo desde el punto **7** al punto **8** lo q[ue] tubiere de largo la cara de la planta por lecho **F** desde el punto **d** al punto **e** y tenga de largo la dicha planta desde el punto **6** al punto **9** lo [14] *que* tubiere de largo la la cara de la planta por lecho **H** desde dicho punto **9** al punto **10** y tenga de ancho la testa contraria desde el punto **8** al punto **9** lo *que* tubiere de ancho su bolsor en el arco **C** desde el punto **11** al punto **12** y con estos dichos tamaños quedara formada la dicha planta por cara como parece entre los quatro angulos señalados con los numeros **6 7 8 9** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto

Arco biaxe contra quadrado por lado fuera de simetria

Para traçar este dicho arco biaxe contra quadrado por lado fuera de simetria formaras el arco **A** como parece en la traça de manera *que* se gane el biaxe en las dos primeras hiladas desde el punto **1** al punto **2** y a esta altura subiras de quadrado el lado *que* no hiçiere biaxe desde el punto **3** al punto **4** de manera *que* por la testa del arco *que* mirare a el lado angosto **B** subira de quadrado desde el punto **1** al punto **2** [15] y por la testa *que* mirare al lado ancho **C** a de subir con la çircunferençia del arco desde el punto **5** al punto **2** y las demas

¹⁸ Error por *planta*.

¹⁹ La línea **F** no tiene correspondencia en el dibujo, pero se puede identificar fácilmente.

²⁰ Aparece *biaaxe* con la segunda *a* tachada para dar *biaxe*.

²¹ Falta por quemadura posterior a la escritura.

²² Falta por quemadura posterior a la escritura.

²³ *tomaras el largo de la linia F desde el punto d al punto e* intercalado.

²⁴ Aparece repetido y tachado *tira*.

²⁵ Falta por quemadura posterior a la escritura.

²⁶ Falta por quemadura posterior a la escritura.

pieças sean bolsores²⁷ cuadrados y para ganar el dicho biaxe Robaras a la primera pieça por lado con el Robo 6 y por planta con el Robo 7 y a la segunda pieça Robaras por lado con el Robo 8 y por planta con el Robo 9

*Arco biaxe contra biaxe por cara por plantas y por Robos*²⁸

Para traçar este dicho arco biaxe contra biaxe por cara y por Robos le formaras el arco A en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta B y el arco C sirbe de testa para el lado de la planta D y si a este dicho arco quisieres sacar las plantas por caras al xusto E las sacaras conforme se hiço en el arco biaxe contra quadrado por lado y por plantas al xusto a 12 planas deste libro y si no le Robaras las pieças con los robos q[ue] vbiere entre los dos arcos A C puniendolas primero de quadrado *que* tengan de [16] grueso lo *que* tubiere de ancho la planta y se an de Robar conforme se hiço en el arco²⁹ biaxe contra quadrado por lado a 11 planas deste libro y las linias F sirben para las saltaReglas de las xuntas despues de Robadas.

Arco biaxe contra biaxe por cara y por plantas

Para traçar este dicho arco formaras el arco en çimiçirculo A *que* sirbe para entramas testas y a este dicho arco le baxaras los plomos de las xuntas y los pasaras por la planta con el biaxe *que* tubiere el dicho arco la linia terminada señalada con la B es para ganar el quadrado del biaxe *que* sirbe de xuzgo para sacar plantas por caras y por lechos supongo *que* [17] quieries sacar la planta por cara C tiraras la linia en blanco 1 galgada con la linia B *que* toque donde toco el plomo *que* baxo de la xunta 2 en el diamitro del arco A despues tomaras el largo del bolsor desde el punto 2 al punto 3 y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto 4 y con la otra tocaras en la linia tirada en blanco en el punto 5 y desde el punto 4 al punto 5 tiraras la testa de la dicha planta por cara y con este tamaño del bolsor y el plomo en biaxe señalado con el 6 formaras la planta por cara como pareçe entre los puntos 4 5 7 8 y desta manera se an de formar todas las demas plantas por caras y por lechos como pareçe en la traça formando las testas de las plantas por lechos con el largo de las xuntas como se hiço en la planta por cara con el largo del bolsor como pareçe en la planta E³⁰ y an se de labrar las pieças por las testas con la forma *que* tubiere el arco çimiçirculo A y por las caras de los bolsores se an de labrar de quadrado con la forma *que* tubiere el arco encoxido tirado en blanco D este dicho arco se a de formar con el altura de los plomos del arco A y con las distançias *que* cavaren los dichos plomos vnos de otros en la linia B como se hiço en la tercera difiniçion de la primera parte figura R.

Arco biaxe contra biaxe por cara fuera de simetria

Para traçar este dicho arco formaras el arco A tan grande *que* coxga los dos biaxes contrarios como parece en la traça y en las dos primeras hiladas se a de ganar el biaxe Robando las pieças conforme se hiço en el arco biaxe contra [18] quadrado³¹ por lado fuera de simetria a 13 planas deste libro haçiendo los demas bolsores quadrado como parece en el dicho arco A.

Arco disminuido y dibidido en dos

Para traçar este dicho arco le formaras la planta como pareçe en la traça *que* benga a estar el vn lado dibidido desde la mitad de la clabe y por las dos testas de afuera an de quedar con la forma *que* pareçe en el arco A y el lado B se an de sacar las plantas por caras y por lechos con el xuzgo de la linia C como se hiço en el arco biaxe contra biaxe por cara a 16 planas deste libro y los lados D a de ser los bolsores quadrados y si los quisieres haçer con algun biaxe entonçes sacaras plantas por caras y por lechos en [19] biaxe y se a de albertir *que* cuuando haga mas abierto y çeRado lo disminuydo deste arco se an de sacar en liaxe³² las dos testas de cada una de las plantas por caras y por lechos del lado B y an de ser yguales las dos testas de afuera si no cavare otro biaxe contrario.

²⁷ Aparece tachado *llanos*.

²⁸ Aparece intercalado *por plantas*.

²⁹ Aparece tachado *precedente*.

³⁰ *como pareçe en la planta E* intercalado.

³¹ *q* de *quadrado* con tilde.

³² Error por *biaxe*.

Arco en toRe Redonda contra quadrado

Para traçar este dicho arco formaras el arco çimiçirculo **A** este serbira para la testa del lado quadrado **B** y le baxaras los plomos de las xuntas *que* bayan a parar [20] a el lado *que* sirbe de testa Redonda **C** y las plantas por caras las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara **D** tomaras el ancho de su bolsor desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño galgaras de cuadrado con la linia 3 y la *que* se galgare sera la linia 4 y a de desbiar la planta de su quadrado por esta dicha linia 4 desde el punto 5 al punto 6 lo *que* desbiare la linia 7 desde el punto 8 al punto 9 y desde el punto 10 al punto 6 tiraras vna çircunferençia estendida *que* sirba de testa Redonda y esta çircunferençia se a de estender desta manera tiraras una linia Reta en blanco³³ desde el punto 9 al punto 10 y lo *que* desbiare por su mitad la dicha linia en blanco de la çircunferençia **C** oso³⁴ estendera por su mitad la dicha testa de otra linia en blanco [21] *que* se echara desde el punto 10 al punto 6 y desta manera se an de estender todas las demas testas de las plantas por caras por çircunferençia concuRiente y para sacar las plantas por lechos las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho **E** tomaras el largo de su xunta desde el punto a al punto b este tamaño lo galgaras de cuadrado con la linia c y la *que* se galgare sera la linia d y a de desbiar la planta por la linia d desde el punto e al punto f lo *que* desbiare la linia g desde el punto h al punto i y desde el punto l al punto f tiraras vna çircunferençia estendida *que* sirba de testa de la planta por lecho la qual dicha testa se a de estender por çircunferençia concuRiente con el desbio *que* cavsa vna linia tirada en blanco desde el punto l al punto i de la çircunferençia **C** como se hiço en la planta por cara **D** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos y si quisieres sacar la forma *que* a de tener el arco por la testa del lado Redondo **C** lo estenderas con el altura de los plomos del arco **A** y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en la çircunferençia **C** como se hiço en la difinition quarta de la primera parte figura **V** y si quisieres *que* las xuntas del dicho arco estendido sean todas yguales yras echando el grueso *que* le quisieres dar al arco en todas las testas de las plantas por lechos y cortando las dichas plantas por *aquel* lugar y si no como se hiço en el arco biaxe contra biaxe por cara³⁵

Arco en toRe Redonda contra quadrado en biaxe por testa

Para traçar este dicho arco formaras el arco çimiçirculo **A** este sirbe³⁶ para testa del lado quadrado **B** y el lado **C** sirbe de testa Redonda a este dicho arco le sacaras [22] las plantas por caras y por³⁷ lechos con el desbio *que* hiçiere el lado Redonda **C** del lado quadrado **B** por los plomos *que* baxaron de las xuntas del arco **A** estendiendoles las testas asi a las plantas por caras como a las plantas por lechos por çircunferençia concuRiente como se hiço en el arco en toRe Redonda contra quadrado a 20 planas deste libro y el arco *que* sirbiere de testa para el lado **C** lo estenderas con el altura *que* tubieren los plomos en el arco **A** y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en el lado **C** como se hiço en la difinition³⁸ quarta de la primera parte figura **V** [23]

Arco en toRe Redonda contra quadrado en biaxe por cara

Para traçar este dicho arco formaras el arco çimiçirculo **A** y le baxaras los plomos de las xuntas *que* bengan a parar al lado *que* sirbe de testa Redonda **B** y pasaras pol la planta los dichos plomos a tocar al lado *que* sirbe de testa quadrada **C** con el biaxe *que* hiçiere la dicha planta del arco y sacaras las plantas por caras y por lechos con la linia del xuzgo **D** conforme se hiço en el arco biaxe contra biaxe por cara [24] a 16 planas deste libro y se an de sacar plantas por caras para todos los bolsores y por lechos para todas las xuntas y estenderas las çircunferençias de las testas de las plantas por caras y por lechos *que* sirbieren hacia la testa Redonda **B** conforme se hiço en el arco en toRe Redonda contra quadrado a 19 planas deste libro y les labraras las testas a las pieças asi del lado Redondo como del quadrado con la forma *que* tubiere el arco **A** y

³³ Mancha anterior a la escritura.

³⁴ Error por *eso*.

³⁵ *tra biaxe por cara* está en el mismo renglón que el título *Arco en toRe Redonda contra quadrado en biaxe por testa*, como si se hubiera escrito antes el título.

³⁶ Escrito *serbi* y corregido para dar *sirbe*.

³⁷ *testas* aparece tachado.

³⁸ Aparece *difinicion* corregido para dar *difinition*.

para labrar las dobelas de las dichas pieças sera menester formar vn arco encoxido en la linia del xuzgo D como se hico en el dicho arco biaxe contra biaxe por cara.

Arco en toRe cabada contra quadrado

Para traçar este dicho arco en toRe cabada contra quadrado le formaras el arco çimiçirculo A y le baxaras los plomos de las xuntas *que* toquen en el lado quadrado B y pasen a tocar al lado³⁹ cabado C y las plantas por caras las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara D tomaras el ancho de su bolsor desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño galgaras de quadrado con la linia 3 y la *que* se galgare sera la linia 4 y a de desbiar la dicha planta por aquesta linia quatro 4 desde el punto 5 al punto 6 lo *que* desbiare la linia 7 desde el punto 8 al punto 9 y desde el punto 6 al punto 10 tiraras una çircunferençia estendida *que* sirba de testa cabada y esta dicha çircunferençia se a de estender desta manera tiraras [25] vna linia Reta en blanco desde el punto 9 al punto 10 y lo *que* desbiare por su mitad la dicha linia en blanco de la çircunferençia C eso estendera la dicha çircunferençia D desbiandola con el dicho desbio por su mitad de una linia tirada en blanco desde el punto 10 al punto 6 y desta manera se an de estender todas las demas testas de las plantas por caras por çircunferençia concuRiente y para sacar las plantas por lechos las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho E tomaras el largo de su xunta desde el punto a al punto b y este tamaño lo galgaras con la linia C la *que* se galgare sera la linia d y a de desbiar de la linia C la dicha planta por la linia d desde el punto e al punto f lo *que* desbiare [26] la linia g desde el punto h al punto i y desde el punto l al punto f tiraras vna çircunferençia estendida *que* sirba de testa de la dicha planta por lecho la qual dicha testa se a destender por çircunferençia concuRiente con el desbio *que* cavsare vna linia tirada en blanco de la çircunferençia C desde el punto l al punto i como se hiço en la planta por cara D y si quisieres sacar la forma *que* a de tener el arco por la testa del lado cabado C lo estenderas con el altura de los plomos del arco A y con las distançias *que* cavsaren los dichos plomos en la çircunferençia cabada C como se hiço en la difinition quarta de la primera parte figura V

Arco en Tore cabada⁴⁰ contra quadrado en biaxe por testa

Para traçar este dicho arco en toRe cabada contra quadrado en biaxe por testa le formaras el arco çimiçirculo A el qual dicho arco serbira de testa para el lado quadrado B y la çircunferençia C serbira de testa cabada para el dicho arco y para sacar las plantas por caras y por lechos las sacaras con el desbio *que* hiciere el lado cabado C del lado quadrado B por los plomos *que* baxaron de las xuntas del arco A estendiendoles sus testas asi a las plantas por caras como por lechos como se hiço en el arco en toRe cabada contra quadrado a 24 planas deste libro y el arco *que* ha de serbir de testa cabada en el lado C lo estenderas con el altura de los plomos del arco A y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en el lado C como se hiço en la difinition quarta de la primera parte figura V [27]

Arco en Tore cabada contra quadrado en biaxe por cara

Para traçar este dicho arco en toRe cabada en biaxe por cara le formaras el arco çimiçirculo A y le baxaras los plomos de las xuntas *que* bayan a parar a la çircunferençia *que* sirbe de testa cabada B y los pasaras por la planta con el biaxe *que* hiciere el dicho arco *que* bayan a parar al lado *que* sirbe de testa quadrada C y sacaras las plantas por caras y por lechos con el xuzgo de la linia D conforme se hiço en el arco biaxe contra [28] biaxe por cara a 16 planas deste libro y les estenderas las testas a las plantas por caras y por lechos *que* miraren hacia la testa del lado cabado B conforme se hiço en el arco en toRe cabada contra quadrado a 24 planas deste libro y se an de labrar las testas de las dichas plantas por caras y por lechos asi las del lado cuadrado como del cabado con la forma *que* tubieren los bolsores del arco A y para labrar las caras de los dichos bolsores por quadrado sera menester formar vn arco encoxido sobre la linia del xuzgo D como se hiço en el dicho arco biaxe contra biaxe por cara a 16 planas deste libro [29]

Arco en toRe cabada contra toRe redonda

Para traçar este dicho arco en toRe cabada contra toRe redonda le formaras el arco çimiçirculo A y le baxaras los plomos de las xuntas *que* toquen en la çircunferençia *que* sirbe de testa cabada B y pasen por la

³⁹ Aparece tachado *redon*.

⁴⁰ Aparece *quadrada* corregido para dar *cavada*.

planta a tocar a la çircunferençia *que* sirbe de testa redonda C y para sacar las plantas por caras y por lechos se sacaran con el desbio *que* hiçiere el lado cabado B del diametro D por los plomos *que* baxaron del arco A estendiendoles las testas *que* miraren al lado cabado como se hiço en el arco en toRe cabada contra quadrado a 24 planas deste libro y por las testas *que* miraren a el [30] lado Redonda se estenderan conforme se hiço en el arco en toRe Redonda contra quadrado a 19 planas deste libro y el arco *que* a de serbir para las dos testas cabada y Redonda se a destender con el altura de los plomos del arco A y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en qualquiera de las dichas testas cabada v Redonda como se hiço en la difiniçion quarta de la primera parte figura V

Arco en toRe cabada contra toRe redonda disminuydo

Para traçar este dicho arco en toRe cabada contra toRe Redonda disminuydo le formaras el arco çimiçirculo A y a este dicho arco le baxaras los plomos de las xuntas *que* toquen en la çircunferençia cabada B y pasen por la planta a tocar a la çircunferençia *que* sirbe de testa Redonda C y para sacar las plantas por caras y por lechos se sacaran con el desbio *que* hiçiere el lado cabado B del diametro D por los plomos *que* baxaron del arco A a las plantas por caras se sacaran con el desbio *que* hiçieren los plomos *que* baxaron de lo baxo de las xuntas y las plantas por lechos se sacaran con el desbio *que* hicieren los plomos *que* baxaron del tardos de las dichas xuntas estendiendoles las testas *que* miraren haçia el lado cabado como se hiço en el arco en toRe cabada contra cuadrado a 24 planas deste libro y por las testas *que* miraren haçia el lado Redondo se estenderan conforme se hiço en el arco en toRe [31] Redonda contra quadrado a 19 planas deste libro y los arcos *que* han de serbir de testas de los lados cabado y Redondo se an de estender con el altura de los plomos del arco A y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en las çircunferençias B C como se hiço en la difiniçion quarta de la primera parte figura V

Arco en toRe cabada contra toRe Redonda en biaxe por cara

Para traçar este dicho arco en toRe cabada contra toRe [32] Redonda en biaxe por cara le formaras el arco çimiçirculo A y le baxaras los plomos de las xuntas *que* bayan a parar a la çircunferençia *que* sirbe de testa cabada B y los pasaras por la planta con el biaxe *que* hiçiere el dicho arco *que* bayan a parar a la çircunferencia *que* sirbe de testa Redonda C y sacaras las plantas por caras y por lechos con el xuzgo de la linia D conforme se hiço en el arco biaxe contra biaxe por cara a 16 planas deste libro y les estenderas las testas a las plantas por caras y por lechos *que* miraren al lado cabado conforme se hiço en el arco en toRe cabada contra quadrado a 24 planas deste libro y las testas *que* miraren haçia el lado Redondo las estenderas conforme se hiço en el arco en toRe Redonda contra quadrado a 19 planas deste [33] libro y para labrar las caras de los dichos bolsos por quadrado sera menester formar vn arco encoxido sobre la linia del xuzgo D como se hiço en el dicho arco biaxe contra biaxe por cara a 19⁴¹ planas deste libro.

Arco aboçinado

Para traçar este dicho arco abocinado le formaras el arco A en çimiçirculo este serbira para el lado ancho B y el arco C [34] serbira para el lado angosto D y la linia del lado E serbira de cara para la planta por lecho y los dos lados de la planta B D serbiran de testas y con esta dicha planta por lecho se an de labrar todas las xuntas y para sacar la planta por cara tomaras el largo de la linia E desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño echaras desde el punto 3 al punto 4 y desde el punto 5 al punto 6 y de vnos puntos a otros tirarás sus lineas Retas y quedara formada la dicha planta por cara F para plantarla en todas las pieças deste arco.

Arco aboçinado en biaxe por testa

Para traçar este dicho arco aboçinado en biaxe por testa le formaras el arco A en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta en biaxe B y asimismo formaras el arco C en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado pequeño de la planta D y la çircunferençia en blanco E sirbe de xuzgo para sacar las plantas por lechos las quales dichas plantas por lechos las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho F tirarás la linia en blanco *que* sirbe de xuzgo a que haga angulo Reto con la linia tirada en blanco b y toque en el punto c y despues tomaras lo *que* desbiare en su xunta el arco A del arco E desde el punto e al punto f y este tamaño echaras en la linia en blanco a desde el punto g al punto h y a este dicho punto h

⁴¹ Error por 16.

tiraras la cara de la dicha planta por lecho desde el punto *i* y para sacar la testa tiraras la linea en blanco *l* que haga angulo Reto con la dicha linea *b* y toque en el punto *m* despues tomaras el largo de su xunta en el arco *A* desde el punto *f* al punto *n* y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el dicho punto *h* y con la [35] otra tocaras en la dicha linea en blanco *l* en el punto *o* y a este dicho punto *o* tiraras la dicha testa desde el dicho punto *h* despues tomaras el largo de la linea en blanco *p* desde el punto *m* al punto *q* y esta dicha linea estenderas por linea concuRiente con lo que sube mas el plomo del tardos de su xunta en el [36] arco *A* que es el punto *n* que no el plomo del tardos de su xunta en el arco *C* que es el punto *r* como pareçe en la linea estendida *G* y esta dicha linea *G* serbira de tardos de la dicha planta por lecho desde el punto *o* al punto *s* y a este dicho punto *s* tiraras la testa contraria desde el dicho punto *i* que tenga de ancho la dicha testa desde el punto *i* al punto *s* lo que tubiere de largo su xunta en el arco *C* desde el punto *r* al punto *t* y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto y las plantas por caras las sacarás desta manera supongo que quierēs sacar la planta por cara *H* tomaras el largo de la cara de la planta por lecho *I* y este tamaño echaras desde el punto *1* al punto *2* y por este dicho punto *2* tiraras la linea en blanco que sirbe de xuzgo *3* que haga angulo Reto con la linea de la xunta baxa *4* despues tomaras el ancho de su bolsor en el arco *A* desde el punto *5* al punto *6* al punto *6*⁴² y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto *7* y con la otra tocaras en la linea en blanco *3* en el punto *8* y a este dicho punto *8* tiraras la testa grande desde el dicho punto *7* despues formarás la dicha planta por cara de suerte que tenga de largo desde el punto *8* al punto *9* lo que tubiere de largo la cara de la planta por lecho *I* desde el punto *1* al punto *10* y tenga de ancho la testa contraria desde el punto *9* al punto *11* lo que tubiere de ancho su bolsor en el arco *C* desde el punto *12* al punto *13* y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto

Arco abocinado biaxe por cara

[37] Para traçar este dicho arco abocinado biaxe⁴³ por cara le formarás el arco grande *A* en çimiçirculo que sirbe de testa para el lado de la planta *B* y asimismo formarás el arco pequeño *C* que sirbe de testa para el lado de la planta *D* y la çircunferençia *E* sirbe de xuzgo para sacar las [38] plantas por lechos las quales dichas plantas por lechos y por caras se an de sacar con el xuzgo de las lineas en blanco que salieren en angulo Reto de las xuntas que atrabiesan la planta en biaxe conforme se sacaron en el arco aboçinado en biaxe por testa a 34 planas deste libro estendiendo las lineas de los tardoses por linea concuRiente conforme se hiço en el dicho arco aboçinado en biaxe por testa.

Arco aboçinado en toRe Redonda contra toRe cabada

Para tracar este dicho arco aboçinado en toRe Redonda contra toRe cabada le formarás el arco grande en çimiçirculo *A* que sirbe de testa para el lado de la planta redondo *B* y asimismo formarás el arco pequeño *C* en çimiçirculo que sirbe de testa para el lado cabado de la planta *D* y formarás la çircunferençia en blanco *E* que sirbe de xuzgo para sacar las plantas por lechos las quales dichas plantas por lechos y por caras se an de sacar con el xuzgo de las lineas tiradas en blanco que salieren en angulo Reto de las xuntas que atrabiesan la planta conforme se sacaron en el arco aboçinado en biaxe por testa a 34 planas deste libro estendiendo las lineas de los tardoses de las dichas plantas por lechos por linea concurriente como se hiço en el dicho arco aboçinado en biaxe por testa y las testas de las dichas plantas por lechos y por caras que miraren al lado redondo se [39] estenderan conforme se hiço en el arco en toRe Redonda contra quadrado a 19 planas deste libro y las que miraren haçia el lado cabado se estenderan conforme se hiço en el arco en toRe cabada contra quadrado a 24 planas deste libro [40]

Arco capialçado por Robos

Para traçar este dicho arco capialçado por Robos le formarás el arco *A* en çimiçirculo que sirbe de testa para el lado de la planta *B* y asimismo formarás el arco *C* en Sgemento⁴⁴ menor de çirculo que sirbe para la testa *D* supongo que quierēs labrar la pieça señalada con la *E* labrarasla primero de quadrado con la forma q[ue] pareçe entre los quatro puntos *1 2 3 4* que tenga de grueso lo que tubiere de ancho la planta y despues la

⁴² Repetición obvia.

⁴³ *biaxe* intercalado.

⁴⁴ Error por *segmento*.

Robaras por el lado *que* mirare haçia el lado **B** con el robo *que* parece entre los puntos 1 2 5 6 *que* benga a quedar la dicha pieça por el lecho baxo despues de robada con [41] la saltaReglas *que* cavsa la planta por lecho **F** y por el lecho alto con las saltaReglas *que* cavsa la planta por lecho **G** y desta manera se an de robar todas las demas pieças

Arco capialçado por plantas

Para traçar este dicho arco capialçado por plantas le formaras el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta **B** y asimismo formaras el arco **C** en sgmento menor de çirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta **D** y circundaras la çircunferençia en blanco **E** *que* sirbe de xuzgo para sacar las plantas por lechos las quales sacarás desta manera supongo *que* quierēs sacar la planta por lecho **F** tomaras en su xunta lo *que* desbia el arco **A** de la çircunferençia **E** desdel punto **a** al punto **b** y este tamaño desbiaras por el lado de la planta **B** desdel punto **C** al punto **d** y a este dicho punto **d** tirarás la cara de la dicha planta por lecho **F** desdel punto **e** y con esta dicha linia y con los lados de la planta **B D** *que* sirben de testas quedara formada la dicha planta por lecho como parece entre los quatro angulos **d c f g** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto y las plantas por caras se an de sacar desta manera supongo *que* quierēs sacar la planta por cara **G** tomaras el largo de la cara de la planta por lecho **F** desdel punto **d** al punto **e** y con este tamaño pondrás la vna punta del compas en el punto **1** y con la otra tocarás en el plomo *que* baxo del arco **A** en el punto **2** y por este dicho punto **2** tirarás la linia en blanco *que* sirbe de xuzgo **3** *que* haga angulo reto con la linia (**cruz**)⁴⁵ despues tomarás el ancho de su bolsor desdel punto **4** al punto **5** con este tamaño pondrás la vna punta del compas en el punto [42] **6** y con la otra tocarás en la linia en blanco **3** en el punto **7** y a este dicho punto **7** tirarás la testa *que* sirbe para el arco **A** desdel dicho punto **6** y despues formaras la dicha planta de suerte *que* tenga de largo desdel punto **7** al punto **8** lo *que* tubiere de largo la cara de la planta por lecho **F** desdel pun[to] **d** al punto **e** y tenga de ancho la testa contraria *que* sirbe para el arco **C** desdel punto **8** al punto **9** lo *que* tubiere de ancho su bolsor en el dicho arco **C** desdel punto **10** al punto **11** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto [43]

Arco capialçado en biaxe por testa

Para traçar este dicho arco capialçado en biaxe por testa le formaras el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe de testa⁴⁶ para el lado de la planta en biaxe **B** y asimismo formaras el arco **C** en sgmento menor de çirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta **D** y çircundaras la çircunferençia⁴⁷ en blanco **E** *que* sirbe de xuzgo para sacar las⁴⁸ plantas por lechos las quales dichas plantas por lechos se an de sacar desta manera⁴⁹ supongo *que* quierēs sacar la planta por lecho **F** tirarás la linia en blanco *que* sirbe de xuzgo **a** *que* haga angulo reto con la linia en blanco perpendicular **b** y toque en el punto **c** despues tomarás en su xunta lo *que* desbia el arco **A** de la çircunferençia **E** desdel punto **d** al punto **e** y con este tamaño pondrás la vna punta del compas en la linia **b** en el punto **f** y con la otra tocarás en la linia en blanco **a** en el punto **g** y a este dicho punto **g** tirarás la cara de la dicha planta por lecho **F** desdel punto **i** para sacar la testa *que* mira haçia el arco **A** tirarás la linia en blanco *que* sirbe de xuzgo **l** *que* haga angulo Reto con la dicha linia **b** y toque en el punto **m** despues tomarás el largo de su xunta desdel punto **e** al punto **n** y con este tamaño pondrás la vna punta del compas en el punto **g** y con la otra tocarás en la linia en blanco **l** en el punto **o** y a este dicho punto **o** tirarás la testa desdel dicho punto **g** despues formaras la dicha planta por lecho de suerte *que* tenga de largo por el tardos desdel punto **o** al punto **p** lo *que* tubiere de largo la linia **q** estendida por linia concuRiente con⁵⁰ lo *que* tubiere mas alto el plomo **n** *que* no el plomo **r** y tenga de ancho la testa contraria desdel punto **p** al punto **i** lo *que* tubiere de largo su xunta en el arco **C** desdel punto **r** al punto **s** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lecho y las plantas por cara se an de sacar como se hiço en el arco capialçado por plantas a 41 planas [44]

⁴⁵ *que* haga angulo reto con la linia (**cruz**) intercalado.

⁴⁶ *de testa* intercalado.

⁴⁷ Error por *circunferencia*.

⁴⁸ Aparece tachado *salt*, principio sin duda de *saltaarregla*.

⁴⁹ Aparece tachado *tiraras la linia*.

⁵⁰ *n* de *con* intercalada.

Arco capialçado en biaxe por cara

Para trazar este dicho arco capialçado en biaxe por cara le formaras el arco **A** en cimicirculo *que* sirbe para testa del lado de la planta **B** y asimismo formaras el arco **C** en Sgmento menor de círculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta **D** y circundaras la çircunferencia en blanco **E** con [45] el çintrel del arco **C** esta sirbe de xuzgo para sacar las plantas por lecho las quales dichas plantas por lecho las sacarás con el xuzgo de las linias tiradas en blanco *que* hagan angulo Reto con las xuntas *que* atrabiesen la planta en biaxe como se hiço en el arco capialçado en biaxe por testa a 43 planas deste libro y las plantas por cara las sacarás conforme se hiço en el arco capialçado por plantas a 41 planas deste libro estendiendo los tardoses de las plantas por lechos por linia concuRiente [46] como se hiço en el dicho arco capialçado biaxe por testa labra los bolsores⁵¹ por vna parte y otra con la forma *que* tubieren los bolsores de los arcos **A** **C** y de vnas testas a otras las labrarás a Regla plantando la Regla de quadrado *que* bengan a quedar por las caras⁵² engaychidos

Arco por arista en la cara

Para traçar este dicho arco por arista en la cara formaras el arco **A** en çimiçirculo este serbira para las testas **B** y asimismo formaras la çircunferencia **C** *que* es el arista *que* a de llebar por la mitad de la cara en el derecho de la linia **D** supongo *que* quieres labrar la pieça **E** la labrarás primero de quadrado con la forma *que* tubiere entre los quatro puntos 1 2 3 4 q[ue] tenga de [47] grueso lo *que* tubiere de ancho la planta del dicho arco y despues la robarás por entramas testas con el robo *que* pareçe entre los numeros 1 2 5 6 *que* benga a quedar despues de Robada por el lecho baxo con la forma *que* tubiere la planta por lecho **F** y por el lecho alto quedara con la forma *que* tubiere la planta por lecho **G** y desta manera se an de robar todas las demas pieças

Arco por arista en la cara en biaxe

Para traçar este dicho arco por arista en la cara en biaxe le formaras el arco **A** en çimiçirculo y asimismo le formaras la çircunferencia **B** *que* sirbe de arista y a esta dicha çircunferencia le baxaras los plomos *que* bayan⁵³ a parar al diamitro **C** y los pasarás [48] por la planta con el biaxe *que* hiçiere y le sacarás las plantas por caras y por lechos con el xuzgo de la linia **D** como se hiço en el arco biaxe contra biaxe por ca[ra] y por plantas a 16 planas deste libro y en las plantas por caras formaras por su mitad con el biaxe *que* cada vna tubiere sus aristas para *que* desde ellas aya dibision⁵⁴ a vna parte y otra haçia las testas como pareçe en las linias **E** y en las plantas por lechos formaras segunda bez las plantas por lechos para plantarlas al xusto con los Robos *que* vbiere entre la çircunferencia **B** y el arco **A** como pareçe en las plantas por lecho **F** y les Robaras las pieças conforme se hiço en el arco por arista en la cara a 47 planas deste libro

Arco abançado en bobeda

Para traçar este dicho arco abançado le formaras el arco **A** en çimiçirculo y le baxaras los plomos de lo baxo de las xuntas *que* atrabiesen la planta y asimismo çircundaras la çircunferencia de la bobeda **B** con el çintrel *que* tubiere la bobeda donde se vbiere de hacer el dicho arco y tirarás la linia perpendicular **C** para *que* haga la dibision del abançamento y sacarás a nibel los extremos de las xuntas del arco **A** *que* bayan a tocar a la çircunferencia **B** y para sacar las plantas por caras las sacarás desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara **D** tomarás el ancho de su bolsor desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño lo galgarás de quadrado con la linia 3 y la *que* se galgare sera la linia 4 y despues tomarás en el abançamento lo *que* abança su xunta desdel punto 5 al punto 6 y este tamaño lo desbiaras del lado de la planta [49] **E** por la linia 4 desdel punto 7 al punto 8 y a este dicho punto 8 tirarás la testa de la dicha planta por cara desdel punto 9 con vna çircunferencia estendida la qual dicha çircunferencia se a de estender echando vna linia en blanco en la çircunferencia de la bobeda **B** desdel punto 6 al punto 10 y con el desbio *que* cavsare la dicha linia por su mitad en la dicha çircunferencia eso a destender la dicha testa **D** echando el dicho desbio en la mitad de vna linia tirada en blanco *que* se echara desde el punto 8 al punto 9 y se coxera con la dicha testa los dichos tres puntos 8 11 9 y desta manera se an de sacar todas las demas [50] plantas por caras y para sacar las

⁵¹ *sorres* intercalado.

⁵² Aparece tachado y por los lechos.

⁵³ *n* intercalada.

⁵⁴ *para for* tachado.

plantas por lechos las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho F tomaras el largo de su xunta desdel punto a al punto b y este tamaño galgaras con la linia C y la *que* se galgare sera la linia d y despues tomaras lo *que* abança el tardos de la dicha xunta desdel punto e hasta el punto f y este tamaño desbiaras del lado de la planta E por la linia d desdel punto g al punto h y a este dicho punto h tiraras la testa de la dicha planta por lecho desdel punto i con vna çircunferençia estendida la qual dicha çircunferençia se a destender echando vna linia Reta en blanco desdel punto f al punto l en la çircunferençia de la bobeda B y con el desbio *que* esta dicha linia cavsa en la dicha çircunferençia se a destender la dicha testa F como se hiço en la planta por cara y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto

Arco abançado en biaxe por testa en bobeda

Para traçar este dicho arco abançado biaxe por testa le formaras el arco A en çimicirculo y le baxaras los plomos de las xuntas *que* atrabiesen la planta y bayan a para el lado *que* haçe biaxe B y asimismo tiraras la çircunferençia de la bobeda C y la linia perpendicular *que* dibide el abançamento D y sacaras los extremos de las xuntas a tocar a la çircunferençia de la bobeda C y sacaras las plantas por caras y por lechos conforme se hiço en el arco abançado a 48 planas deste libro eceto *que* en el sacar de las plantas por caras y por lechos se an⁵⁵ de echar primero los abançamentos desde el lado en biaxe B en los plomos *que* baxaron del arco A como parece entre los puntos 1 2 3 4 5 6 7⁵⁶ y an de guardar aquel [51] quadrado las linias *que* se galgaren para formar las dichas plaantas y estenderas las testas conforme se hiço en el dicho arco abancado

Arco abancado en bobeda biaxe por cara

Para tracar este dicho arco abançado en bobeda biaxe por cara le formaras el arco A en çimicirculo y le baxaras los plomos de las xuntas *que* toquen de quadrado en el lado de la planta B y pasen [52] por la dicha planta con el biaxe *que* tubiere y asimismo çircundaras la çircunferençia C y tiraras la linia perpendicular D para *que* dibida el abancamento y sacaras a nibel los cabos de las xuntas *que* toquen en la dicha çircunferençia C y despues tomaras los abançamentos que vbiere entre la linia D y la çircunferençia C y estos tamaños los desbiaras de cuadrado *que* hagan angulo Reto con el lado de la planta E y bayan a tocar a los plomos *que* pasaron por la dicha planta en biaxe como parece entre los numeros 1 2 3 4 5 6 7 8 [53] y con las salidas que tubieren los abançamentos 2 y 6 secaras⁵⁷ las testas de las plantas por caras galgandoles las salidas a los dichos abançamentos con la linia *que* guarda el cuadrado de la planta F hasta *que* toquen en las linias de los lados altos con que se galgaron las dichas plantas por caras y las testas de las plantas por lechos las sacaras con los desbios *que* tubieren los abançamentos 4 8 como tengo dicho en las plantas por caras y a todas las testas del abançamento asi de las plantas por caras como por lechos las estenderas por çircunferençia concuRiente como se hiço en el arco abancado a 48 planas deste libro.

Arco abançado en talus plano

Para traçar este dicho arco abançado en talus plano le formaras el arco A en çimicirculo y a este dicho arco le baxaras los plomos *que* atrabiesen la planta y asimismo tiraras la linia *que* sirbe de talus plano B y tiraras la linia perpendicular C *que* es para dibidir el abançamento y sacaras a nibel los plomos de las xuntas *que* toquen en la linia del talus plano B y con los abançamentos *que* vbiere entre las dos linias B C sacaras las plantas por caras y por lechos conforme se hiço en el arco abançado en bobeda a 48 planas deste libro esçeto que las testas de las dichas plantas por caras y por lechos an de yr a regla y no en çircunferençia [54]

Arco abançado en talus plano en biaxe por testa

Para traçar esti dicho arco abançado biaxe por testa le formaras el arco A en çimicirculo y le baxaras los plomos de las xuntas *que* atrabiesen la planta y pasen por el lado *que* haçe biaxe B y tiraras la linia del talus plano C *que* es el abançamento del dicho arco y tiraras la linia perpendicular D para *que* dibida el dicho abançamento y sacaras a nibel los cabos de las xuntas del arco A *que* [55] toquen en la linia del talus plano C y los abançamentos que vbiere entre las linias C D los echaras en los plomos *que* baxaron de las xuntas

⁵⁵ n de an intercalada.

⁵⁶ como parece entre los puntos 1 2 3 4 5 6 7 intercalado.

⁵⁷ Error por sacarlas.

del arco A desde el lado en biaxe B y les sacaras sus plantas por caras y por lechos conforme se hiço en el arco abançado en bobeda biaxe por testa a 50 planas deste libro eçeto que las testas de las plantas por caras y por lechos an de yr tiradas en linia Reta y no en çircunferençia [56]

Arco abançado en talus plano en biaxe por cara

Para traçar este dicho arco abançado biaxe por cara le formarás el arco A en çimiçirculo y le baxaras los plomos de las xuntas *que* toquen en el lado de la planta B y pasen por la dicha planta con el biaxe *que* tubiere y tiraras la linia *que* sirbe de talus plano C y la linia perpendicular D *que* sirbe para dibidir el abançamento y sacaras a nivel los extremos de las xuntas del arco A *que* bayan a parar a la linia del talus plano [57] y despues tomaras los abançamentos *que* vbiere entre las linias C D y estos tamaños desbiaras de quadrado *que* hagan⁵⁸ angulo Reto con el lado de la planta E y bayan a tocar a los plomos *que* pasaron por la dicha planta en biaxe y con el xuzgo de la linia F sacaras las plantas por caras y por lechos galgando las plantas por caras de quadrado con el ancho *que* tubieren los bolsos del arco A y a las plantas por lechos con el largo de las xuntas como se hiço en el arco abançado en bobeda a 51 planas deste libro eçeto *que* las testas de las plantas por caras y por lechos se an de tirar en linia Reta y no en çircunferençia.

Arco en talus escarpado

Para traçar este dicho arco en talus escarpado le formarás el arco A en çimiçirculo y le baxaras los plomos de las xuntas *que* atrabiesen la planta y asimismo tiraras la linia B *que* es figura del talus escarpado donde se a de haçer el dicho arco y tiraras la linia perpendicular C *que* es figura del plomo *que* dibide la cayda del dicho talus y sacaras a nibel los extremos de las xuntas del arco A *que* toquen en la dicha linia C y para sacar las plantas por caras las sacaras desta manera supongo *que* quieries sacar la planta por cara D tomaras el ancho de su bolsor desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño lo galgaras de quadrado con la linia 3 y la *que* se galgare sera la linia 4 despues tomaras lo *que* encoxe el talus por esta xunta desde⁵⁹ punto 5 al punto 6 y este tamaño echaras de quadrado en la linia⁶⁰ 4 desde el punto 7 al punto 8 y a este dicho punto 8 tiraras [58] la testa de la dicha planta por cara desde el punto 9 e[n]⁶¹ linia Reta y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto y para sacar las plantas por lechos las sacaras desta manera supongo *que* quieries sacar la planta por lecho F tomaras el largo de su xunta desde el punto a al punto b y este tamaño galgaras con la linia c y la *que* se galgare sera la linia d despues tomaras lo *que* encoxe el talus por el tardos desta dicha xunta desde el punto e al punto f y este tamaño lo desbiaras del lado de la planta E por la linia d desde el punto g al punto h y a este dicho punto h tiraras la testa de la planta por lecho en linia Reta [59] desde el punto i y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lecho para plantarlas al xusto

Arco en talus escarpado biaxe por testa

Para traçar este dicho arco en talus escarpado biaxe por testa le formarás el arco A en çimiçirculo y le baxaras los plomos⁶² de las xuntas *que* atrabiesen la planta y lleguen en blanco a tocar a el lado de la planta que haçe biaxe B y tiraras la linia del talus escarpado C y [60] la linia perpendicular D *que* dibide la cayda del dicho talus y sacaras a nibel los extremos de las xuntas del arco A *que* toquen en la linia D y para sacar las plantas por caras y por lechos tomaras las distançias *que* vbiere en las linias tiradas a nibel de las xuntas del arco A entre las linias C D y estos tamaños echaras en los plomos *que* baxaron de las dichas xuntas desde el lado de la planta B como pareçe entre los numeros 1 2 3 4 5 6 7 8 y con el cuadrado *que* hiçieren estos dichos puntos desde el lado E sacaras las plantas por caras y por lechos conforme se hiço en el arco en talus escarpado a 57 planas deste libro.

⁵⁸ a de *hagan* intercalada.

⁵⁹ Aparece *pu* punto, con *pu* tachado.

⁶⁰ a de *linia* intercalado.

⁶¹ Aparece y tachado y e interpolada para corregir por *en*. Parece una corrección de la misma mano pero posterior a la escritura.

⁶² Entre *plomos* y *de las xuntas*, así como en la siguiente línea, entre *blan* y *co*, hay una mancha anterior a la escritura.

Arco en talus escarpado biaxe por cara

Para traçar este dicho arco en talus escarpado biaxe por cara le formaras el arco **A** en çimiçirculo y a este dicho arco le baxaras los plomos de quadrado *que* toquen en el lado de la planta **B** y pasen por la dicha planta con el biaxe *que* tubiere y tiraras la linia *que* sirbe de talus **C** y la linia perpendicular *que* dibide la cayda del dicho talus **D** y sacaras a nibel los extremos de las xuntas del arco **A** *que* toquen en la linia **D** y para sacar las plantas por caras y por lechos tomaras las distancias *que* vbiere en las linias que se tiraron a nibel de las xuntas del arco **A** entre las linias **C D** y estos tamaños echaras desdel lado de la planta **E** *que* hagan angulo Reto con el dicho lado y bayan a parar a los plomos *que* pasaron por la dicha planta en biaxe como pareçe entre los puntos **1 2 3 4 5 6 7 8** y con estos dichos puntos sacaras las testas de las dichas plantas por caras y por lechos galgandolos con la linia *que* sirbe de xuzgo **F** hasta *que* toquen en las linias con *que* se galgaren de quadrado las dichas plantas y despues tira las testas en linia Reta como pareçe en la traça[61]

Arco en buelta de horno por testa

Para traçar este dicho arco en buelta de horno por testa le formaras el arco **A** en çimiçirculo y le baxaras los plomos de las xuntas *que* atrabiesen la planta y circundaras la buelta de horno en el lado de la planta **B** y con el çintrel de la dicha buelta de horno circundaras vn pedaço de çircunferencia **C** puesto el çintrel en el nibel del diamitro **D** esta çircunferençia sirbe para ber lo *que* abançan las hiladas en la buelta de horno y tiraras la linia perpendicular **E** para *que* [62] dibida el dicho abançamento y tiraras a nibel los extremos de las xuntas del arco **A** *que* toquen en la çircunferençia **C** para sacar las plantas por caras las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara **F** tomaras el ancho de su bolsor desdel punto **1** al punto **2** y este tamaño galgaras con la linia **3** y la *que* se galgare sera la linia **4** despues tomaras lo *que* abança la buelta de horno por su xunta⁶³ desdel punto **5** al punto **6** y este tamaño desbiaras desdel punto **7** al punto **8** y tomaras la distançia *que* vbiere desdel punto **8** al punto **9** este tamaño echaras⁶⁴ en la linia **4** desdel punto **10** al punto **11** y a este dicho punto **11** tiraras la testa de la dicha planta por [63] cara desdel punto **12** con la çercha de la buelta de horno y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto y para sacar las plantas por lechos las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho **G** tomaras el largo de su xunta desdel punto **a** al punto **b** y este tamaño galgaras con la linia **c** y la *que* se galgare sera la linia **d** despues tomaras lo *que* abanço la dicha xunta en la dicha buelta de horno desdel punto **e** al punto **f** y este tamaño echaras en su plomo desbiandolo de la buelta de horno desdel punto **g** al punto **h** y desdel punto **h** al punto **i** tomaras la distançia *que* vbiere y la echaras en la linia **d** desdel punto **l** al punto **m** y a este dicho punto **m** tiraras la testa de la dicha planta por lecho desdel punto **n** con la çercha de la buelta de horno y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto y las pieças se labraran plantandoles sus plantas por caras y por lechos

Arco en buelta de horno por testa y en biaxe por la dicha testa

Para traçar este dicho arco en buelta de horno biaxe por testa le formaras el arco **A** en çimiçirculo y a este dicho arco le baxaras los plomos de las xuntas *que* toquen en la buelta de horno tirada en biaxe **B** y con el çintrel desta dicha buelta de horno çircundaras la çircunferençia **C** *que* sirbe para ber lo *que* abançan las hiladas en la dicha buelta de horno y tiraras la linia perpendicular **D** para *que* dibida el dicho abançamento y sacaras a nibel los extremos de las xuntas del arco **A** *que* toquen en la çircunferençia [64] **C** y los abançamentos *que* vbiere la dicha çircunferençia **C** y la linia **D** los echaras en los plomos *que* baxaron de las xuntas del arco **A** desbiados de la buelta de horno en biaxe **B** como pareçe entre los puntos **1 2 3 4 5 6 7 8** y con las salidas destos dichos abançamentos le sacaras sus plantas por caras y por lechos tirando las testas en buelta de horno conforme se hiço en el arco en buelta de horno por testa quadrado⁶⁵ a 61 planas deste libro [65]

⁶³ *n* de xunta intercalada.

⁶⁴ Aparece tachado *des*.

⁶⁵ *testa* intercalado.

Arco en buelta de horno por testa biaxe por cara

Para traçar este dicho arco en buelta de horno por testa biaxe por cara le formarás el arco **A** en çimiçirculo y le baxaras los plomos de las xuntas *que* toquen en el diamitro *que* sirbe de lado de la planta **B** y pasen por la dicha planta con el biaxe *que* tubiere a tocar a la buelta de horno **C** y asimismo çircundaras la çircunferencia **D** con el çintrel de la buelta de horno y tiraras la linia perpendicular **E** para *que* dibida el abançamento y tiraras a nibel los estremos de las xuntas del arco **A** *que* toquen en la çircunferençia **D** y los abançamentos *que* vbiere entre la linia **E** y la çircunferençia **D** los echaras [66] de quadrado en los plomos *que* pasaron por la planta en biaxe desbiandolos de la buelta de horno **C** como pareçe entre los numeros 1 2 3 4 5 6 7 8 y con la salida *que* hiçieren estos dichos abançamentos de la dicha buelta de horno **C** sacaras las plantas por caras y por lechos galgando las dichas salidas con la linia *que* sirbe de xuzgo **F** tirando las testas *que* miraren a la buelta de horno con el çintrel de la dicha buelta de horno y las *que* sirbieren al lado contraro en linia Reta como pareçe en la traça.

Arco en buelta de horno por cara

Para traçar este dicho arco en buelta de horno por cara le [67] formarás la planta como pareçe en los lados opuestos señalados con las tetras⁶⁶ **A B** y çircundaras la buelta de horno **C** en *que* se a de haçer el dicho arco y formarás el arco **D** *que* sirbe de testa del arco por el lado **A** y el arco **E** *que* sirbe de testa del dicho arco por el lado **B** y para sacar la planta por cara para labrar todas las pieças deste dicho arco se a de sacar desta manera supongo *que* se a de sacar la planta por cara **F** tiraras la linia bisual **G** *que* toque en los⁶⁷ puntos 1 y 2 y pase a tocar a la linia **H** al punto 3 y deste dicho punto 3 çircundaras los dos pedaços de çirculo en blanco 4 y 5 y tomarás en el arco **D** el ancho de su bolsor desdel punto 1 al punto 6 y este tamaño echarás en el pedaço de çirculo 4 desdel punto 1 al punto 7 y tomarás el ancho del bolsor del arco **E** desdel punto 2 al punto 8 y este tamaño echarás en el pedaco de çirculo 5 desdel punto 2 al punto 9 y de vnos puntos a otros tiraras sus linias Retas y formarás la dicha planta por cara como pareçe entre los numeros 1 2 7 9 para plantarla al xusto y la planta por lecho quedara formada con los dos lados **A B** y con la buelta de horno **C** como pareçe en la planta por lecho **I**

Arco desquixado en la cara

Para traçar este⁶⁸ dicho arco desquixado en la cara le formarás el arco **A** en çimiçirculo este dicho arco serbira para entramas testas y la çircunferençia **B** *que* sirbe para el diente del dicho arco y se an de labrar todas las pieças con la planta por cara tirada en blanco **C** *que* se sako con el ancho del bolsor desdel punto 1 al punto 2 echando el dicho ancho desdel punto 3 al punto 4 y se an de labrar todas la las xuntas con la planta [68] por lecho **D** como pareçe entre los angulos 5 6 7 8 9 10

Arco desquixado en la cara disminuydo

Para traçar este dicho arco desquixado en la cara desminuydo le formarás el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe para entramas testas y la çircunferençia **B** *que* sirbe para el diente v cara del dicho arco y le baxaras los plomos de las xuntas *que* atrabiesen los lados opuestos de la planta señalados con la **C** y con la **D** y para sacar las plantas por caras las sacarás desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara **E** tomarás el ancho de su bolsor desdel punto 1 al punto 2 y este tamaño lo galgarás con la linia 3 y la *que* se galgare sera la linia [69] 4 y despues tomarás lo *que* desbia el diamitro **F** de la linia en biaxe **G** por el plomo *que* baxo de su xunta desdel punto 5 al punto 6 y este tamaño echarás en la linia 4 desdel punto 7 al punto 8 y a este dicho punto 8 tiraras la testa de la dicha planta por cara desdel punto 9 y en la testa contraria harás lo mismo y sacarás la dicha planta conforme pareçe entre los numeros 8 9 10 11 y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto y para sacar las plantas por lechos las sacarás desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho **H** tomarás el largo de su xunta desdel punto a al punto b y este tamaño galgarás [70] con la linia c y la *que* se galgare sera la linia d y despues tomarás lo *que* desbia el

⁶⁶ Error obvio por *letras*.

⁶⁷ Aparece tachado *dos*, que hubiera sido perfectamente correcto. Esto confirma que el manuscrito del Servicio Histórico Militar es una copia, y una copia realizada de forma meticulosa.

⁶⁸ Intercalada la *s* de *este*.

diametro⁶⁹ F del lado de la planta C por el plomo *que* baxo del tardos de la dicha xunta desdel punto e al punto f y este tamaño echaras en la linia d desdel punto g al punto h y a este dicho punto h tirarás la testa de la dicha planta por lecho en blanco desdel punto f y despues tomaras el grueso del arco A desdel punto a al punto i y este tamaño lo echaras de cuadrado desdel punto h al punto l y a este dicho punto l tirarás el desquixo de la dicha planta por lecho desdel punto m y haçiendo lo mismo en la testa contraria quedara formada la dicha planta por lecho como pareçe entre los angulos señalados con las letras h l m n o p y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto

Arco desquixado en la cara y en biaxe por la dicha cara

Para traçar este dicho arco desquixado en biaxe por cara le formarás el arco A en çimiçirculo *que* sirbe para las dos testas y la çircunferençia B sirbe de diente del dicho arco y le baxaras los plomos de las xuntas *que* toquen en el lado de la planta C y pasen por la dicha planta con el biaxe *que* tubiere los *que* baxaren de la çircunferençia B⁷⁰ tocan en las linias D E y los *que* salieren del tardos⁷¹ de las xuntas del arco A tocan en el lado de la planta F y las plantas por caras deste dicho arco las sacarás con el ancho *que* tubiere el bolsor por la çircunferençia B y con el xuzgo de la linia G como se hiço en el arco biaxe contra biaxe por cara a 16 planas deste libro como pareçe en el lado de la planta H y las plantas por lechos las sacarás primero en blanco con el largo *que* tubieren las xuntas en el arco y con el xuzgo de la linia G conforme se hiço en el dicho arco biaxe contra biaxe por cara [71] a 16 planas deste libro y despues de aberlas sacado en blanco como aRiba e dicho les echarás sus desquixos y las formarás conforme pareçe en el lado de la planta I

Arco por esquina y por rincon

Para traçar este dicho arco por esquina y por Rincon le formarás el arco A en çimiçirculo y le baxaras los plomos de las xuntas *que* atrabiesen la planta y toquen en los lados de la dicha planta B C el lado B sirbe para la testa *que* haçe esquina y el lado C sirbe para la testa *que* haçe Rincon la çircunferençia D es la forma *que* ha de tener el arco despues de labrado por qualquiera de los lados y sirbe para cinbria esta se a destender con [72] el alto *que* tubieren los plomos en el arco A y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en el lado de la planta C como se hiço en la terçera difinition desta primera parte figura O y para sacar las plantas por caras las sacarás desta manera [73] supongo *que* quierés sacar la planta por cara E tomarás el ancho de su bolsor desdel punto 1 al punto 2 este tamaño lo galgarás con la linia 3 y la *que* se galgare sera la linia 4 despues tomarás en el plomo *que* baxo de su xunta lo *que* vbiere desdel punto 5 al punto 6 y este tamaño echarás en la linia 4 desdel punto 7 al punto 8 y a este dicho punto 8 tirarás la testa de la dicha planta por cara desdel punto 9 y tomarás en el dicho plomo lo *que* vbiere desdel punto 6 al punto 10 y este tamaño echarás en la linia 4 desdel punto 8 al punto 11 y a este dicho punto 11 tirarás la testa contraria desdel punto 12 y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto y las plantas por lechos se an de sacar desta manera supongo *que* quierés sacar la planta por lecho F tomarás el largo de su xunta desdel punto a al punto b y este tamaño lo galgarás con la linia c y la *que* se galgare sera la linia d despues tomarás en el plomo *que* baxo del tardos de la dicha xunta la distançia *que* vbiere desdel punto e al punto f y este tamaño echarás en la linia d desdel punto g al punto h y a este dicho punto h tirarás la testa de la dicha planta por lecho desdel punto i y tomarás en el dicho plomo lo *que* vbiere desdel punto f al punto l y este tamaño echarás en la linia d desdel punto h al punto m y a este dicho punto m tirarás la testa contraria desdel punto n y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto y si este dicho arco por haçer tanto biaxe hiçiere la primera xunta algun xenero de gaRote subirás la primera planta por cara fuera de su simetria la beyntana parte del ancho de su bolsor como se hiço en el arco biaxe contra biaxe por testa a 9 planas deste libro [74]

Arco por esquina y por Rincon de lados y angulos desiguales

Para traçar este dicho arco por esquina y por Rincon le formarás el arco A de suerte *que* el lado B sea vn cuarto de çirculo y el lado C se a destender endulçidamente como pareçe en el [75] dicho arco y le baxaras los plomos de las xuntas *que* atrabiesen la planta *que* son los lados D E y sacarás las plantas por caras y por

⁶⁹ Aparece tachado *de la planta*.

⁷⁰ Corregido C para dar B.

⁷¹ Intercalado *del tardos*.

lechos echando los anchos de los bolsos y largo de xuntas con el desbio *que* cavsaren los dichos plomos en los lados de la dicha planta galgandolos con el diamitro F como se hiço en el arco por esquina y por Rincon a 71 planas deste libro y las çircunferençias estendidas *que* an de serbir de çinbrias se sacaran en cada lado de por si como se saco en el dicho arco por esquina y por Rincon figura D

Arco por esquina y por Rincon capialçado

Para traçar este dicho arco por esquina y por Rincon capialçado le formaras el arco A en çimiçirculo *que* sirbe para testa del lado do⁷² de la planta *que* haçe esquina B y formaras el arco C en segemento⁷³ menor de çirculo *que* sirbe para testa del lado de la planta *que* haçe Rincon D y para sacar las plantas por lechos se an de sacar desta manera supongo quieres sacar la planta por lecho E tomaras el largo de su xunta desdel a al punto b y este tamaño echaras de cuadrado desdel punto c al punto d *que* toque la Regla en el punto e y al dicho punto d tiraras la testa grande de la dicha planta por lecho en blanco desdel punto f despues tomaras lo *que* capialça la dicha xunta desdel punto b al punto g y este tamaño galgaras con la linia h *que* toque en la testa en blanco en el punto i y a este dicho punto i tiraras la cara de la dicha planta por lecho desdel punto l y la testa desdel punto d y sacaras la testa contraria como se hiço en el arco por esquina y por Rincon a 71 planas deste libro como pareçe entre los angulos d i l m [77] y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto y las plantas por caras se an de sacar desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara F tomaras el largo de la cara de la dicha planta por lecho desdel punto i al punto l y este tamaño echaras desdel punto l al punto 2 despues tomaras el ancho de su bolsor desdel punto 3 al punto 4 y este tamaño echaras de quadrado desdel punto 5 al punto 6 *que* toque la Regla en el dicho punto 2 y al dicho punto 6 tiraras la testa de la dicha planta por cara desdel punto 7 y la testa contraria la sacaras conforme se hiço en el dicho arco por esquina y por Rincon a 71 planas deste libro como pareçe entre los quatro angulos 6 7 8 9 y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto la figura G es la çinbria del arco C esta se a de sacar con las alturas de los plomos del dicho arco y con las distançias *que* vbiere de de⁷⁴ vnos plomos a otros en el lado de la planta D

Arco por esquina y p[o]r Rincon Aboçinado

Para traçar este dicho arco por esquina y por Rincon aboçinado le formaras el arco A en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta *que* haçe esquina B y asimismo formaras el arco C en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta *que* haçe Rincon D y a este dicho arco le sacaras las plantas por lechos con el largo *que* tubieren las xuntas entre las çircunferençias E F como se hiço en el arco por esquina y por Rincon capialçado a 75 planas [79] deste libro y las plantas por caras se an de sacar con el largo de las caras de las plantas por lechos como se hiço en el dicho arco por esquina y por Rincon capialçado y a cada vno de los dichos arcos A C se les a de sacar sus çinbrias con el alto *que* tubieren sus plomos y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en los lados de la planta como pareçe en las çinbrias G H estendiendolas conforme se hiço en la terçera difinition desta primera parte figura O

Arco por esquina y por Rincon desquixado

Para traçar este dicho arco por esquina y por Rincon desquixado le formaras el arco A en çimiçirculo *que* sirbe para las dos testas B C⁷⁵ y la çircunferençia D sirbe para la cara v diente del dicho arco *que* son las linias E y para sacar las plantas por caras las sacaras con el xuzgo dentre las dos linias E como se sacaron en el arco por esquina y por Rincon a 71 planas deste libro como pareçe en las plantas por caras señaladas con la F y las plantas por lechos G⁷⁶ se an de sacar primero en blanco con el xuzgo dentre los lados de la planta B C como se sacaron en el dicho arco por esquina y por Rincon y despues echaras sus desquixos a una parte y a otra como se hiço en las plantas por lechos en el arco desquixado en biaxe por cara a 70 planas deste libro y las çinbria para las testas sacaras con el alto de los plomos del arco A y con las distançias *que* vbiere

⁷² Repetición obvia.

⁷³ Error por *segmento*.

⁷⁴ Repetición obvia.

⁷⁵ B C intercalado.

⁷⁶ G intercalado.

de vnos plomos a otros en el lado C y la çinbria del diente se a de sacar con el alto de los plomos del arco D y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en la linia E como se hiço en el arco preçedente [81]

Arco capialçado haçia la menor subida por Robos

Para traçar este dicho arco capialçado por Robos le formaras el arco A en çimiçirculo *que* sirbe para el lado de la planta B y asimismo formaras el arco C en segmento menor de çirculo *que* sirbe para el lado de la planta D supongo *que* quierres labrar la primera pieça E la labraras primero de quadrado con la forma *que* pareçe entre los angulos (cruz)⁷⁷ a b c d e y tenga de largo lo *que* tubiere de ancho la planta entre los angulos d e f g y despues de labrada desta forma la Robaras por el lado *que* sirbiere al arco A *que* benga a quedar como pareçe entre los angulos (cruz) d e h y por la testa *que* [82] mirare al arco C quedara como pareçe entre los angulos a b c i y si quisieres Robar la segunda pieça F la labraras primero de quadrado con la forma *que* pareçe entre los angulos (cruz) h b l m n *que* tenga de largo el grueso de la planta y despues de labrada de quadrado como tengo dicho la Robaras por la testa *que* mirare al arco A *que* benga a quedar como pareçe entre los angulos (cruz) h n o y por la testa *que* mirare al arco C quedara como pareçe entre los angulos a b l m y de vnos Robos a otros las labraras plantando la Regla de quadrado *que* bayan capialçando haçia el arco C y desta manera se an de Robar todas las demas pieças del dicho arco

Arco capialçado haçia la menor subida por plantas

Para traçar este dicho arco capialçado haçia la menor subida por plantas le formaras el arco A en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta B y asimismo formaras el arco C en Segmento menor de çirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta D y a estos dichos arcos les formaras los bolsores de suerte *que* bengan a tener todos vnos despoços como pareçe en la traça y al arco C tiraras las xuntas de los bolsores desdel punto D la çircunferençia E es figura del arco escaçano C sirbe para tomar los capialços *que* cavsaren las xuntas entre los arcos A C y para sacar las plantas por lechos las sacaras desta manera supongo *que* quierres sacar la planta por lecho F tomaras lo *que* capialça su xunta desdel punto a al punto b y este tamaño lo echaras desdel punto c al punto d y a este dicho punto d tiraras la cara de la dicha planta por lecho F desdel punto e y tomaras el largo desta linia F y la echaras de quadrado desdel punto f al punto [83] g en el plomo *que* baxo del tardos de su xunta y desde este dicho punto g sacaras a nibel la linia en blanco h galgada con el lado de la planta B y despues tomaras el largo de su xunta desdel punto b al punto i y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto e y con la otra tocaras en la linia [84] en blanco h en el punto l y a este dicho punto l tiraras la testa desdel punto e y para sacar la testa contraria tomaras el largo de la linia F y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto l y con la otra çircundaras vn pedaço de çirculo en blanco m y despues tomaras el largo de su xunta en el arco C desdel punto n al punto o y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto d y con la otra tocaras en el pedaço de çirculo m en el punto p y a este dicho punto p tiraras la testa contraria desdel punto d y desta manera sean de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto y las plantas por caras se an de sacar desta manera supongo *que* quierres sacar la planta por cara G tomaras el largo de la cara de la planta por lecho H y este tamaño echaras en el plomo de la xunta mas alta desdel punto vn 1 al punto 2 y en el plomo de la xunta mas baxa desdel punto 3 al punto 4 despues tomaras el largo de la cara de la planta por lecho F y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto 1 y con la otra çircundaras vn pedaço de çirculo en blanco 5 por el punto 4 y tomaras el ancho de su bolsor en el arco C desdel punto 6 al punto 7 y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto 2 y con la otra tocaras en el pedaço de çirculo 5 en el punto 8 y a este dicho punto 8 tiraras la testa pequeña desdel punto 2 y para sacar la testa contraria tomaras el ancho de su bolsor en el arco A desdel punto 9 al punto 10 con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto 1 y con la otra çircundaras el pedaço de çirculo en blanco 11 despues tomaras el largo de la cara de la planta por lecho F y con [85] este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto 8 y con la otra tocaras en el pedaco de çirculo 11 en el punto 12 y a este dicho punto 12 tiraras la testa grande desdel punto 1 y de vnos puntos a otros tiraras sus linias Retas y quedara formada la dicha planta por cara como pareçe entre los angulos 1 2 8 12 y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto.

⁷⁷ (cruz) intercalado.

Arco de Rincon de cavstria

Para traçar este dicho arco en Rincon de cavstria le formarás el arco **A** en cimicirculo *que* es ymaxinaçion de la buelta de la bobeda y asimismo formarás el arco estendido **B** *que* es la forma *que* an de tener las testas por los lados de la planta **C** y este dicho arco sea de formar con el alto *que* tubieren los plomos en el arco **A** como se hiço en la primera difinition desta primera parte figura **C** y a este dicho arco **B** le entrarás los bolsos en quadrado para aberlos de Robar y los plomos *que* baxaren de los dichos cuadrados los pasarás por la planta en angulo Reto con *que* quedaran sacadas las plantas por caras para plantarlas⁷⁸ de cuadrado supongo *que* quieres labrar la pieça segunda de haçia el Rincon **E** tomarás tomarás⁷⁹ en la planta del dicho arco su planta por cara *que* esta entre los quatro angulos **a b c d** y con esta dicha planta labrarás de cuadrado la dicha pieça *que* tengo de alto lo *que* tubiere de alto el quadrado de su bolsor desdel punto **e** al punto **f** y despues de labrada de quadrado con forma aRibá dicha la Robaras por entramas [86] testas con los Robos *que* tubiere el quadrado **E** *que* benga a quedar la dicha pieça por entramas testas como parece el bolsor [87] entre los angulos **g h i l** y por la cara quedará labrada en Rincon y si fuera del lado contrario quedará labrada la dicha cara en arista y desta manera se an de yr labrando todas las demas pieças deste arco eçeto la clabe *que* a de yr labrada de forma *que* la mitad quede por la cara en arista y la otra mitad en Rincon *que* por enmedio benga a estar en cuadrado

Arco en Rincon de cavstria en bobedas desyguales

Para traçar este dicho arco en Rincon de cavstria en bobedas desyguales le formarás el arco **A** en çimiçirculo *que* es la buelta *que* a de tener la bobeda mas grande y asimismo formarás el arco estendido **B** con el alto *que* tubieren los plomos en el arco **A** este serbira para la testa del lado de la planta **C** y el arco **D** serbira para la testa del lado de la planta **E** este dicho arco se a de formar echando vnas linias en blanco a nibel con las alturas *que* tubieren los plomos en el arco **A** y por estas dichas linias en blanco buscarás el ancho de los bolsos en partes yguales como se hiço en la difinition terçera desta primera parte figura (**cruz**) y a estos dichos arcos **B D** les entrarás los bolsos en quadrado para aberlos de Robar y les baxaras los plomos *que* toquen en los lados de la planta y los pasarás por la dicha planta con la desyqualdad *que* pidiere como parece en la traça y desta manera quedaran sacadas las plantas por caras para plantarlas de cuadrado y para labrar las pieças deste dicho arco las labrarás primero de cuadrado con la forma *que* tubieren sus plantas por caras dandoles el altura *que* tubieren los cuadrados de sus bolsos y despues las Robaras conforme se hiço en el arco en [88] Rincon de cavstria quadrado a 85 planas deste libro [89]

Arco de Rincon de cavstria por plantas

Para traçar este dicho arco en Rincon de cavstria por plantas al xusto le formarás el arco **A** en çimiçirculo este serbira para las testas de los lados de la planta **B** asimismo formarás el arco **C** en çimiçirculo *que* es la çircunferençia *que* a de tener la arista y Rincon *que* proçediere de la linia diagonal **D** y a estos dichos arcos les tirarás las tiranteçes a los bolsos desdel punto **B** como parece en la traça y para sacar las plantas por lechos las sacarás desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho **E** tomarás en su xunta el desbio *que* vbiere entre los arcos **A C** desdel punto 1 al punto 2 y este desbio echarás en los lados de la planta **B** desde los puntos 3 a los puntos 4 y a estos dichos puntos 4 tirarás los lados de la cara de la dicha planta por lecho desdel punto 5 y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lecho *que* sirben para este lado *que* haçe arista y para sacar las plantas por lecho del lado contrario *que* haçe Rincon las sacarás desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho **F** tomarás en su xunta el desbio *que* vbiere desdel punto 6 al punto 7 y este tamaño echarás en la linia **D** desdel punto 8 al punto 9 y desde este dicho punto 9 tirarás los lados de la cara de la dicha planta por lecho a los puntos 10⁸⁰ y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lecho *que* sirben para el lado del Rincon y para labrar este dicho arco le labrarás las pieças con las tiranteçes *que* parecen en los bolsos entre los arcos **A C** [90] plantandole a cada xunta la planta por lecho *que* le conbiniere de suerte *que* quando benga el dicho arco por la mitad de la clabe por el punto 11 a estar de quadrado *que* se abra perdido el arista y Rincon de los lados

⁷⁸ Aparece tachado *al xust.*

⁷⁹ Repetición obvia.

⁸⁰ A los puntos 10 intercalado.

Arco en Rincon de clavstria de lados i angulos⁸¹ desyguales y plantas al xusto

Para traçar este dicho arco de Rincon de clavstria de lados y angulos desyguales le formaras el arco A en çimicirculo este sirbe de testa para el lado grande de la plante⁸² B y asimismo formaras el arco C con el altura del arco A que sirbe para [91] el lado pequeño de la planta D y en los dos arcos formaras los arcos E en çimicirculo *que* es la çircunferençia *que* a de tener la arista y Rincon *que* proçediere de la linia diagonal F y las plantas por lechos las sacaras conforme se hiço en el arco en Rincon de clavstria por plantas al xusto a 89 planas deste libro y a [92] se de albertir *que* los desbios *que* se echaren para sacar las plantas *que* sirben haçia el Rincon se an de tomar en los desbios *que* vbiere en el arco pequeño entre los numeros 1 2 3 4 y las plantas *que* sirben haçia el arista se a de tomar cada desbio en el arco *que* le conbiniere como pareçe entre los numeros 5 6 7 8 9 10 11 12 y las pieças deste dicho arco labraras plantandoles por cada lecho su planta por lecho y a las testas *que* miraren al lado ancho le daras las tiranteçes *que* tubieren los bolsores en el arco A y las testas *que* miraren al lado angosto les daras la tirantez *que* tubieren los bolsores en el arco C

Arco diagonal por Rincon

Para traçar este dicho arco diagonal por Rincon le formaras [93] el arco A en çimicirculo *que* sirbe para las dos testas de los lados de la planta B y asimismo formaras el arco C en sgmento menor de çirculo *que* no suba mas de lo *que* subiere el arco A este sirbe para el Rincon *que* proçediere de la linia diagonal D y para sacar las plantas por lecho las sacaras desta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho E tomaras en su xunta el desbio *que* vbiere entre los arcos A C desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño echaras en la linia D desde el punto 3 al punto 4 y desde este dicho punto 4 tiraras los lados de la cara de la dicha planta por lecho a los puntos 5 y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto y labraras las pieças deste dicho arco cortandolas por las testas con las tiranteçes *que* tubieren los bolsores en el arco A plantandoles por cada xunta la planta por lecho q[ue] le conbiniere

Arco diagonal por Rincon de lados desyguales

Para traçar este dicho arco diagonal por Rincon de lados desyguales le formaras el arco A en çimicirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta B y asimismo formaras el arco C con el altura del dicho arco A como se hiço en la difinition terçera figura (cruz) y a este dicho arco C serbira de testa del lado de la planta D y formaras el arco E *que* sirbe para el Rincon *que* proçediere de la linia diagonal F y la çircunferençia en blanco G sirbe de xuzgo para tomar los desbios de las plantas por lechos y para sacar las plantas por lechos las sacaras echando los desbios *que* vbiere entre las çircunferençias E G en la linia F como se sacaron en el arco diagonal por Rincon a 92 planas deste libro y labraras las pieças deste [94] dicho arco conforme se hiço en el dicho arco diagonal dandoles por cada testa la tirantez *que* tubieren los bolsores de su arco

Arco diagonal por⁸³ esquina

Para traçar este dicho arco diagonal por arista le formaras [95] el arco A en çimicirculo *que* sirbe de testa para los lados de la planta B y asimismo formaras el arco C en forma apuntado con el ancho *que* vbiere de vna esquina a otra y con el alto *que* tubiere el dicho arco A este arco C serbira para el arista⁸⁴ *que* proçediere de la linia diagonal D y para sacar las plantas por lecho las sacaras desta manera supongo que quieres sacar la planta por lecho E tomaras en su xunta el desbio *que* vbiere entre los arcos A C desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño desbieras en los lados de la planta B desde los puntos 3 a los puntos 4 y destos puntos 4 tiraras los lados de la cara de la dicha planta por lecho hasta el punto 5 y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lecho para plantarlas al xusto y con estas dichas plantas labraras este dicho arco dandoles a las pieças la tirantez *que* pareçe entre [96] los arcos A C de manera *que* benga por la mitad de la clabe a estar el dicho carco⁸⁵ de quadrado *que* se ayan perdido las aristas.

⁸¹ *i angulos* intercalado.

⁸² Error por *planta*.

⁸³ Tachado *arista*.

⁸⁴ *i de arista* interpolada.

⁸⁵ Error por *arco*.

Arco diagonal por esquina de lados desyguales

Para traçar este dicho arco diagonal por esquina de lados desyguales le formaras el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe para el lado de la planta **B** y asimismo formaras el arco **C** con el altura *que* [97] tubiere el arco **A** formandolo con tres puntos de la mexor manera *que* te pareçiere este dicho arco **C** serbira de testa para el lado de la planta **D** y formaras los arcos apuntados **E** *que* sirben para el arista *que* proçediere de la linia diagonal **F** y las plantas por lechos las sacaras conforme se sacaron en el arco diagonal por esquina a 94 planas deste libro echando los desbios *que* vbiere entre los arcos **A E** en el lado de la planta **B** y los desbios *que* vbiere entre los arcos **C E** se echaran⁸⁶ en el lado de planta **D** y las pieças deste dicho arco se labraran plantandoles sus plantas por lechos dandoles por cada testa las tiranteçes *que* tubieren los bolsores de su arco

Arco por esquina contra quadrado por lado

Para traçar este dicho arco por esquina contra quadrado por lado le formaras el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe para testa de los lados de la planta **B** y asimismo formaras el arco **C** *que* es el arista *que* proçediere de la linia del yntermedio **D** y a este dicho arco le⁸⁷ sacaras sus plantas por lechos con los desbios *que* vbiere en las xuntas entre los arcos **A C** echando los dichos desbios por los lados de la planta **B** desbiando a cada vno del plomo *que* baxo de su xunta como se hiço en el arco diagonal por esquina a nobenta y quatro planas deste libro y le labraras las pieças plantandole sus plantas por lechos dandoles polas testas las tiranteçes *que* tubieren los bolsores entre los arcos **A C** [98]

Arco por Rincon contra quadrado por lado

Para traçar este dicho arco por Rincon contra quadrado por lado le formaras el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe para testa de los lados de la planta **B** y asimismo formaras el arco **C** en çimiçirculo *que* sirbe para el Rincon *que* proçediere de la linia del yntermedio **D** y a este dicho arco le sacaras sus plantas por lechos con los desbios *que* vbiere en las xuntas entre los arcos **A C** desbiando los dichos desbios de sus plomos por⁸⁸ los lados de la planta **B** como se hiço en el arco diagonal por Rincon a 92 planas deste libro y le labraras sus pieças plantandole sus plantas por lechos dandoles las tiranteçes *que* pareçen entre los bolsores del dicho arco [99]

Arco por esquina contra biaxe por lado

Para traçar este dicho arco por esquina contra biaxe por lado le formaras el arco **A** tirado desde dos puntos como pareçe en la traça este dicho arco serbira de testa para el lado de la planta **B** y asimismo formaras el arco **C** en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta **D** y los arcos **E** sirben para el arista *que* proçediere en la mitad del arco de la linia del yntermedio **F** y las plantas por lecho de la mitad del arco *que* hiçieren arista se sacaran conforme se hiço en el arco diagonal por esquina a 94 planas deste libro y la otra mitad del arco *que* hiçiere biaxe sacaras las plantas por lechos y [100] por caras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho **G** tomaras en su xunta el desbio *que* vbiere entre el arco **A** y la çircunferençia **H** desdel punto vno 1 al punto 2 y este tamaño desbiaras del plomo 3 por el lado **B** desdel punto 4 al punto 5 y a este dicho punto 5 tiraras la cara de la dicha planta por lecho **G** desdel punto 6 y con esta dicha cara y los lados de la planta **B D** *que* serbiran de testas quedara formada [101] la dicha planta por lecho y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lecho deste lado *que* hace biaxe y las plantas por caras las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara **I** tiraras una linia en blanco *que* sirbe de xusgo a *que* haga angulo Reto con el lado baxo de la planta *que* es la linia **b** y toque en el punto **c** despues tomaras el largo de su bolsor en el arco **A** desdel punto 1 al punto **d** y con este tamaño pondras la una punta del compas en el dicho punto **d** y con la otra tocaras en la linia en blanco **a** en el punto **e** y a este dicho punto **e** tiraras la testa grande de la dicha planta por cara desdel dicho punto **d** y para sacar la testa contraria tomaras el largo de la cara de la planta por lecho **G** desdel punto 5 al punto 6 y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **e** y con la otra çircundaras vn pedaco de çirculo en blanco **f** y despues tomaras el largo de su bolsor en el arco **C** desdel punto **g** al punto **h** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el dicho punto **g** y con la otra tocaras en el pedaço de çirculo **f** en el

⁸⁶ a de echaran intercalada.

⁸⁷ Aparece tachado *pl*, quizás inicio de *plantaras*.

⁸⁸ o de *por* intercalada.

punto *i* y a este dicho punto *i* tiraras la dicha testa contraria pequeña desdel desdel⁸⁹ punto *g* y de vnos puntos a otros tiraras sus líneas Retas y quedara formada la dicha planta por cara como parece entre las letras *d e f g* y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto deste dicho lado *que* hace *biaxe*

Arco por Rincon contra biaxe por lado

Para trazar este dicho arco en Rincon contra *biaxe* por lado le formaras el arco *A* desde dos puntos como [102] parece en la traza este dicho arco serbira de testa para el lado ancho de la planta *B* y asimismo formaras el arco *C* en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado angosto de la planta⁹⁰ y las circunferencias *E* sirben para el Rincon q[ue] proçediere en la mitad del arco en la línea *F* y las pl[an]tas por [103] lechos desta mitad *que* hiçiere Rincon las sacaras conforme se hiço en el arco diagonal por Rincon a 92 planas deste libro y la otra mitad del arco *que* hiçiere *biaxe* le sacaras sus plantas por caras y por lechos como se hiço en el arco por esquina contra *biaxe* por lado a 99 planas deste libro.

Arco abocinado en toRe cabada

Para trazar este dicho arco abocinado en toRe cabada le formaras el arco *A* en çimiçirculo el qual serbira de testa para el lado cabado de la planta *B* y asimismo formaras el arco *C* en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado angosto de la planta *D* y çircundaras la çircunferençia *E* *que* sirbi de xuzgo para sacar las plantas por lechos las quales dichas plantas por lechos sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho *F* tiraras la línea en blanco *que* sirbe de xuzgo *a* *que* haga angulo Reto con la línea *b* y toque en el punto *c* despues tomaras lo *que* desbiare en su xunta el arco *A* de la çircunferençia *E* desdel punto *e* al punto *f* y este tamaño echaras en la línea en blanco *a* desdel punto *g* al punto *h* y a este dicho punto *h* tiraras la cara de la planta por lecho *F* desdel punto *i* y para sacar la testa cabada tiraras la línea en blanco *que* sirbe de xuzgo *l* *que* haga angulo Reto con la dicha línea *b* y toque en el punto *m* despues tomaras en el arco *A* el largo de su xunta desdel punto *f* al punto *n* y con⁹¹ este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto *h* y con la otra tocaras en la línea en blanco *l* en el punto *o* y a este dicho punto *o* tiraras la testa cabada desdel dicho punto *h* con vna çircunferençia estendida la qual dicha çircunferençia se a destender como se hiço en el arco en toRe cabada contra quadado⁹² a 24 planas deste libro despues tomaras [104] el largo de la línea en blanco *p* desdel punto *m* al punto *q* y esta línea estenderas por línea concuRiente con lo *que* sube mas el plomo del tardos de la xunta en el arco *A* *que* no en el arco *C* como parece en la línea estendid *G* y esta dicha línea *G* serbira de tardos de la dicha planta por lecho desdel punto *o* al punto *r* y a este dicho [105] punto *r* tiraras la testa contraria desdel punto *i* q[ue] tenga de largo la dicha testa desdel punto *i* al punto *r* lo *que* tubiere de largo su xunta en el arco *C* desdel punto *s* al punto *t* y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto y las plantas por caras las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara *H* tomaras el largo de la cara de la planta por lecho *F* y este tamaño echaras desdel punto *1* al punto *2* y por este dicho punto *2* tiraras la línea en blanco *que* sirbe de xuzgo *3* *que* haga angulo Reto con la línea de la xunta baxa *4* despues tomaras el ancho de su bolsor en el arco *A* desdel punto *5* al punto *6* y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto *7* y con la otra tocaras en la línea en blanco *3* en el punto *8* y a este dicho punto *8* tiraras la testa cabada desdel dicho punto *7* con vna çircunferençia estendida la qual dicha çircunferençia se⁹³ estendera como se hiço en el dicho arco en toRe cabada contra quadrado a 24 planas deste libro despues formaras la dicha planta de suerte *que* tenga de largo desdel punto *8* al punto *9* lo *que* tubiere de largo la cara de la planta por lecho *F* desdel punto *h* al punto *i* y tenga de ancho la testa contraria desdel punto *9* al punto *10* lo *que* tubiere de ancho su bolsor en el arco *C* desdel punto *11* al punto *12* y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras y se entiende *que* estas dichas plantas por caras se an de plantar tiniendo labradas las caras de las pieças a Regla y borneo y despues se an de afondar las dobelas en las dichas caras con las çircunferençias de los arcos plantando cada vna por la testa *que* le conbiniere

⁸⁹ Repetición obvia.

⁹⁰ Tachado *que* sirbe de testa.

⁹¹ con intercalado.

⁹² Error por *quadrado*.

⁹³ se intercalado.

Arco en toRe cabada aboçinado en biaxe por cara y por testa

Para traçar este dicho arco aboçinado en toRe cabada [106] biaxe por cara y por testa le formaras el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe para el lado cabado de la planta **B** y asimismo formaras el arco **C** *que* sirbe para el lado angosto de la planta **D** y la çircunferençia **E** sirbe de xuzgo para sacar las plantas por lechos las quales dichas plantas por lechos y por caras se an de sacar con el xuzgo de las linias en blanco *que* salieren en angulo Reto de las [107] xuntas *que* atrabiesan la planta en biaxe conforme se sacaron en el arco aboçinado en toRe cabada a 13⁹⁴ planas deste libro y a las dichas plantas por lechos y por caras les estenderas las testas *que* miraren haçia la buelta cabada conforme se estendieron en el arco en toRe cabada contra quadrado a 24 planas deste libro y las plantas por caras se an de plantar estando las caras a Regla y borneo y despues se cabaran las dobelas

Arco aboçinado en toRe Redonda

[108] Para traçar este dicho arco en toRe Redonda aboçinado le formaras el arco **A** en çimiçirculo q[ue] sirbe para el lado *que* haçe toRe Redondo en la planta **B** y asimismo formaras el arco **C** *que* sirbe de testa para el lado de la planta **D** y la çircunferençia **E** sirbe de xuzgo para sacar las plantas por⁹⁵ lechos las quales dichas plantas por lechos y por caras las sacaras con el xuzgo de las linias en blanco *que* salieren en angulo Reto de las xuntas q[ue] atrabiesan la planta conforme se sacaron en el arco aboçinado en toRe cabada a 103 planas deste libro y a las dichas plantas les estenderas las testa *que* miraren al lado de la planta **B** conforme se estendieron en el arco en toRe Redonda contra quadrado a 19 planas deste libro

Arco en toRe Redonda aboçinado en biaxe por cara y por testa

Para traçar este dicho arco aboçinado en toRe Redonda en biaxe por cara y por testa le formaras el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe para el lado Redondo de la planta **B** y asimismo formaras el arco **C** *que* sirbe de testa para el lado angosto de la planta **D** y la çircunferençia **E** sirbe de xuzgo para secar⁹⁶ las plantas por lechos las quales dichas plantas por lechos y por caras las sacaras con las linias en blanco *que* salieren en angulo Reto de las xuntas en biaxe *que* atrabiesan la planta enforme se sacaron en el arco aboçinado en toRe cabada a 103 planas deste libro y a las dichas plantas les estenderas las testas *que* miraren al lado de la planta **B** conforme se estendieron en el arco en toRe Redonda contra quadrado a 19 planas deste libro⁹⁷ [109]

CoRedor bolado sin columnas formado de arcos por arista por Robos

Para traçar este dicho coRedor bolado le formaras la pared del [110] clavstrio *que* es la linia de la planta **A** y asimismo formaras el buelo y salida del coRedor *que* es la linia de la planta **B** y esta dicha salida sera la mitad de cualquiera de los arcos **C** fuera de la clabe y a estos dichos arcos los Repartiras en las hiladas [111] *que* te pareciere y estas dichas hiladas baxaras a la dicha planta *que* toquen en las linias en blanco **D** *que* sirben de aristas y de vnas linias a otras tiraras los despoxos *que* cavsaren los abançamentos de las dichas hiladas eçeto la clabe *que* a de llegar a haçer testa en la salida del coRedor **B** como pareçe por planta en la parte **E** y por testa en la parte **F** y an de ser Robadas las hiladas destos dichos arcos con los Robos *que* parecen en los quadrados de los bolsores del arco **G** y para *que* estas dichas hiladas sean fuertes despues de Robadas an de quedar las pieças por las xuntas con la forma *que* tubieren las plantas en la parte **H**

CoRedor bolado sin columnas formado de arcos abançados

Para formar este dicho coRedor bolado formaras la pared del claustrio como pareçe en la linia **A** y asimismo formaras la salida del coRedor *que* es la linia **B** y sobre los Reprisiones *que* parecen en la planta señalados con la **C** formaras los arcos abançados **D** los quales dichos arcos se an de abançar como pareçe en la figura **E** y les sacaras sus plantas por caras y por lechos como se hiço en el arco abançado en bobeda a 48 planas deste libro de manera *que* bienen abançar los dichos arcos en la planta lo *que* pareçe en la parte **F** y lo *que*

⁹⁴ Se trata de un raro error de numeración; se refiere en realidad a la plana 103.

⁹⁵ Aparece tachado *caras*.

⁹⁶ Error por *sacar*.

⁹⁷ Conforme es costumbre en los libros de la época, se incluye la primera palabra de la página siguiente, pero aquí se sufre un error y se escribe *Arco* cuando en realidad se trata de un *CoRedor*.

abançan las testas de los dichos arcos es lo *que* parece en la planta señalado con la G y el abançamento de las enxutas *que* hiçieren las hiladas en la parte H se formaran como parece en la figura I y los abançamentos de las dichas enxutas cavsaran los despoxos *que* parecen en la parte L y si quisieres haçer las pieças destas dichas enxutas por planta en las xuntas las formaras como parece en la figura M y las distançias *que* vbiere [112] entre vn arco y otro de los *que* llegaren a los Rincones [l]es entraras los bolsores en quadrado en la çircunferençia del abançamento como parece en la figura N y los Robaras conforme se hiciere en la capilla quadrada por Rincon a planas deste libro [113]

SEGUNDA PARTE

DE ZERAMIENTOS I TRAZAS DE MONTEA

POR XINES MARTINEZ DE ARANDA

ARCHITECTO

Esta segunda parte es aplicada para capialçados y puertas capialçados son toda qualquiera figura que en su distribuçion cavsare alguna alteraçion de linias concuRientes puertas son las que fueren ynsertos los capialçados con los dinteles y arcos de afuera entre los quales proçeden de dos espeçies de figuras la primera es figura retilinea que proçeden los capialços yguualmente a Regla y la segunda espeçie es figura çircular que proçeden los capialços en çircunferençia y cavsan las pieças alguna manera de engavchidos destas espeçies proçeden munchas figuras en ynfinito como adelante se beran puestas en demostraçion

DIFINITIONES DESTA SEGUNDA PARTE

Difinition primera muestra entrar bolsores en quadrado y Robarlos asi por quadrado como por çircunferençia

Supongo *que* la figura A es el bolsor *que* quieres entrar en quadrado y el dicho quadrado son los quatro angulos a b c d [114] con el qual dicho quadrado coxeras los extremos del dicho bolsor y Robandolo por el lecho alto con el robo a y por el tardos con el Robo b y por la cara con el Robo c y por el lecho baxo con el Robo d y pasando los dichos Robos de vna testa a otra quedara formado el dicho bolsor como parece en la figura B

Supongo *que* la figura C es el bolsor *que* quieres entrar en quadrado para Robarlo por çircunferençia y el dicho quadrado son los quatro angulos c f g h y con el dicho quadrado coxeras los extremos del dicho bolsor y por el lecho alto⁹⁸ le Robaras con el Robo e y por el tardos con el Robo f y por la cara con el Robo g y por el lecho baxo con el Robo⁹⁹ h y pasando los dichos Robos de vna testa a otra con la çircunferençia [115] *que* le conbiniere quedara formado el dicho bolsor como parece en la figura D

Difinition segunda muestra estender linia concuriente y sacar saltaRegla perpendicular

Supongo *que* la linia *que* as de estender esta entre los puntos i l y el capialço *que* cavsare el dicho estendimiento estara en angulo Reto desde el punto l al punto m tiraras la dicha linia concuRiente E y esta dicha linia concuRiente serbira de cara de cualquiera saltaRegla y la linia perpendicular F sirbe de testa en quadrado para qualquiera saltaRegla desde el punto m al punto n

⁹⁸ *alto* intercalado.

⁹⁹ Tachadura ilegible.

Definición tercera muestra sacar arcos en segmento menor de círculo sobre una línea concuRiente

Para sacar los dichos arcos en segmento menor de círculo formarás la planta como parece en los dos lados opuestos señalados con la **G** y asimismo formarás la línea concuRiente **H** que es para tomar las alturas y para sacar los dichos arcos los sacarás desta manera supongo *que* quieres [116] sacar el arco **I** tomarás en la línea concuRiente **H** lo *que* sube su despieço¹⁰⁰ desde el punto **O** al punto **p** y este tamaño echarás en la mitad de la planta desde el punto **q** al punto **r** y con una circunferencia estendida coxeras los tres puntos **o r s** como parece en el arco **I** y desta manera se an de sacar todos los demás arcos en segmento menor de círculo sobre una línea concuRiente como parece en los arcos **L M**

Capialçado quadrado a Regla

Para trazar este dicho capialçado¹⁰¹ quadrado a Regla le formarás el dintel **A** que sirbe de testa para el lado de la planta **B** y la distancia *que* vbiere entre las líneas **A B** es lo *que* a de capialçar el dicho capialçado y asimismo formarás el batiente **C** con el ancho *que* te pareciere y para sacar las plantas por lechos las sacarás desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho **D** tirarás la línea en blanco **a** que haga angulo Reto con [117] la xunta **b** y tomarás lo *que* capialça la dicha xunta desde el punto **c** al punto **d** y este tamaño echarás en la dicha línea en blanco **a** desde el dicho punto **c** al punto **e** y a este dicho punto **e** tirarás la cara de la dicha planta por lecho **D** desde el punto **f** y para sacar la testa desta dicha planta por lecho to tomarás¹⁰² la distancia *que* vbiere desde el punto **C** al punto **g** y este tamaño lo echarás perpendicularmente en el plomo *que* baxo del tardos de la dicha xunta desde el punto **h** al punto **i** despues tomarás en la planta el largo de su xunta desde el punto **c** al punto **f** y este tamaño echarás en la línea **B** desde el punto **h** al punto **l** y tiniendo fixa la vna punta [118] del compas en el dicho punto **l** abrirás el dicho compas *que* toque con la otra punta en el punto **i** y con este tamaño pondrás la vna punta del compas en el punto **f** y con la otra circundaras un pedaço de círculo en blanco **m** despues tomarás el largo de la dicha xunta en el dintel desde el punto **d** al punto **g** y con este tamaño pondrás la vna punta del compas en el punto **e** y con la otra tocarás en el pedaço de círculo en blanco **m** en el punto **n** y a este dicho punto **n** tirarás la testa de la dicha planta por lecho desde el punto **e** y la testa contraria del batiente desde el punto **o** al punto **p** se a de sacar *que* haga angulo Reto con la xunta **b** y desta manera quedara sacada la dicha planta por lecho como parece entre los angulos **e f o p n** y desta manera se an de sacar todas las demás plantas por lechos para plantarlas al xusto y las plantas por caras las sacarás desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara **E** tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **D** desde el punto **e** al punto **f** y este tamaño echarás desde el punto **1** al punto **2** y desde el punto **3** al punto **4** y de unos puntos a otros tirarás sus líneas Retas y quedara formada la dicha planta por cara como parece entre los angulos **1 2 3 4** y desta manera se an de sacar todas las demás plantas por caras para plantarlas al xusto

Capialçado biaxe por testa a Regla

Para trazar este dicho capialçado biaxe por testa a Regla le formarás el dintel **A** que sirbe de testa para el lado en biaxe de la planta **B** y la distancia *que* vbiere entre el dintel **A** y la línea en blanco **C** es lo *que* a de capialçar el dicho capialçado y asimismo le formarás el batiente **D** con el ancho *que* te pareciere y para sacar las plantas por lechos les sacarás las caras echado su abançamento en angulo Reto y le sacarás las testas con el estendimiento *que* cavsaren las líneas **a** con las xuntas de la planta echadas vnas contra otras en angulo Reto como se hiço en el capialçado quadrado a Regla en la [119] planta por lecho señalada con la **D** y desta manera sacarás las plantas por lecho deste dicho capialçado para plantarlas al xusto como parecen señaladas con las letras **b c d e f g** y las plantas por caras las sacarás echando el largo de las caras de las plantas por lechos cada vna en su xunta desde batiente a los plomos *que* baxaren del dicho dintel y de unos puntos a otros tirarás sus líneas Retas como se hiço en el dicho capialçado quadrado a Regla y como parece en la planta por cara **E** y desta manera se an de sacar todas las demás plantas por cara para plantarlas al xusto y las caras de las pieças deste dicho capialçado an de *quedar* despues [120] de labradas engavchidas y las testas de las dichas pieças an de *quedar* derechas a Regla y borneo

¹⁰⁰ Tachado *desde* pieço.

¹⁰¹ Mancha rojiza posterior a la escritura.

¹⁰² Repetición obvia.

Capialçado biaxe por testa a Regla diferente del pasado

Para traçar este dicho capialçado biaxe por testa a Regla le formaras la planta como parece entre los quatro angulos **A** y tomaras el largo de la mayor xunta desta dicha planta desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño echaras en la linia **B** desde el punto **c** al punto **d** y beras la mayor subida *que* le quisieres dar al capialço y ese tamaño echaras desde el punto **d** al punto **e** *que* haga angulo Reto con la linia **B** y a este dicho punto **e** tiraras la linia **[121]** concuRiente **C** *que* sirbe de cara para todas las plantas por lechos de las dichas xuntas y despues tomaras el largo de las dichas xuntas en la dicha planta y estos tamaños echaras en la linia **B** desde el punto **c** adonde alcançaren y por estos puntos sacarás en angulo Reto las linias **f g h i l** *que* toquen en la linia concuRiente **C** y el largo *que* tubieren estas dichas linias en blanco entre las dos linias **B C** eso a de tener de¹⁰³ capialço el dicho capialçado entre la linia en blanco **D** y el dintel **E** echando cada capialço en su plomo de manera *que* quede el dicho dintel concuRiente haçia la menor subida y las testas de las dichas plantas por lechos y las plantas por caras se an de sacar conforme se sacaron en el capialcado quadrado a Regla a 116 planas deste libro

Capialçado biaxe por cara a Regla

Para traçar este dicho capialçado biaxe por cara a Regla le formaras el dintel **A** *que* sirbe de testa para el lado de la planta **B** y la distançia *que* vbiere entre las dos linias **A B** es lo *que* a de capialçar el dicho capialçado y asimismo formaras la planta con el biaxe *que* tubiere el sitio donde se vbiere de haçer como parece entre los quatro angulos **C** y la linia **D** es para dibidir el¹⁰⁴ batiente¹⁰⁵ para sacar las plantas por lechos las sacarás desta manera supongo *que* quierés sacar la planta por lecho **E** tiraras la linia en blanco **a** *que* haga angulo Reto con la xunta **b** y tomaras lo *que* capialça la dicho xunta desde el punto **c** al punto **d** y este tamaño echaras en la dicha linia en blanco **a** desde dicho punto **c** al punto **e** y a este dicho punto **e** tiraras¹⁰⁶ la cara de la dicha planta por lecho **E** desde el punto **f** y para sacar la testa desta dicha planta por lecho pondrás la vna punta del compas en el punto **f** y con la otra tocarás donde bino a parar el plomo del tardos de la xunta a la linia **B** *que* es el punto **g** y con este tamaño pondrás la vna punta del compas en el dicho punto **g** y con la otra tocarás en el punto **h** y tiniendo fixa la vna punta del compas en el dicho punto **h** abrirás el dicho compas *que* toque la otra punta contraria en el punto **i** y con este **[122]** tamaño pondrás la vna punta del compas en el punto **f** y con la otra çircundaras el pedaço de çirculo en blanco **l** y despues tomarás en el dintel el largo de la dicha xunta desde el punto **d** al punto **i** y con este tamaño pondrás la vna punta del compas en el punto **e** y con la otra tocarás en el pedaço de çirculo **l** en el punto **m** y a este dicho punto **m** tiraras la testa de la dicha planta por lecho desde el punto **e** y la testa contraria desde el punto **n** al punto **o** se a de sacar en angulo Reto con la xunta **b** y desta manera quedara formada la dicha planta por lecho como¹⁰⁷ parece entre los angulos **e f m n o** y con esta orden se an de sacar todas las demas plantas por lecho para plantarlas al xusto y las plantas por caras se an de sacar desta manera supongo *que* quierés sacar la planta por cara **F** tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **E** desde **[123]** punto **f** al punto **e** y este tamaño echarás desde dicho **f** al punto **p** despues tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **G** desde el punto **q** al punto **r** y este tamaño echarás desde dicho punto **q** al punto **s** y de vnos puntos a otros tiraras sus linias Retas y formaras la dicha planta por cara como parece entre los quatro angulos señalados con las letras **f p q s** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto

Puerta quadrada a Regla

Para traçar esta dicha puerta quadrada a Regla le formaras la planta como parece entre los angulos **A** la distançia *que* ay entre las linias **B** es el diente del dintel *que* sirbe en la monteá por la linia **C** y la linia **E** es el batiente del capialçado *que* sirbe en la monteá por la linia **F** y la linia **G** es el lado de la planta *que* sirbe en la monteá por la linia **H** la distançia *que* vbiere entre las linias **C F** es el batiente del dintel donde baten las

¹⁰³ Aparece tachado *aban ...*, sin duda principio de *abançamento*. Este lapsus nos da a entender que la copia mecánicamente, pues aquí está pensando en una diferencia de cotas en horizontal - *abançamento* - cuando se trata de una diferencia de cotas en vertical - *capialço*.

¹⁰⁴ Aparece tachado *dicho*.

¹⁰⁵ Aparece tachado *y*.

¹⁰⁶ Mancha anterior a la escritura.

¹⁰⁷ *mo* intercalado.

puertas la distancia *que* vbiere entre las líneas **F H** es el capialço *que* a de tener el capialçado la distancia *que* vbiere entre las líneas **H I** es el dintel *que* sirbe de testa del dicho capialçado por la parte de adentro y el dintel por la parte de afuera a de tener de alto la distancia *que* vbiere entre las líneas **C I** y las plantas por lechos las sacaras desta manera supongo *que* quierres sacar la planta por lecho **L** tomaras en su xunta la distancia *que* vbiere desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño desbiaras de su plomo desde el punto **c** al punto **d** y desde el punto **e** al punto **f** despues tomaras en la dicha xunta desde el punto **a** al punto **g** y este tamaño desbiaras de su plomo desde el punto **h** al punto **i** y a este dicho punto **i** tirarás la cara de la dicha planta por lecho **L** desde el punto **f** y despues tomaras en la dicha xunta lo *que* vbiere desde el punto **g** al punto **l** y este tamaño echaras desde el punto **i** al punto **m** y despues tomaras el largo de toda la dicha xunta desde el punto **a** al punto **l** y este tamaño echaras desde el punto **n** al [124] punto **o** y de vnos puntos a otros tirarás sus líneas Retas y quedara formada la dicha planta por lecho como pareçe entre los puntos **c d f i m o n** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto y las plantas por caras sacaras desta manera supongo *que* quierres sacar la planta por cara **M** tomaras el largo de la cara de la planta por lecho **L** desde el punto **f** al punto **i** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **1** y con la otra tocaras en el plomo [125] *que* baxo a el dintel en el punto **2** despues tomaras el largo de la cara de la planta por lecho **N** desde el punto **p** al punto **q** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **3** y con la otra tocaras en el plomo *que* baxo del dintel en el punto **4** y de unos puntos a otros tirarás sus líneas Retas como pareçe entre los puntos **1 2 3 4** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto

Puerta biaxe por testa a Regla

Para traçar esta dicha puerta biaxe por testa a Regla le formarás la planta como pareçe entre los angulos señalados con la **A** el lado de la dicha planta **B** sirbe para el dintel de la parte de afuera entre las líneas **C D** y el lado de la planta **E** sirbe para el dintel del capialçado entre las líneas **D F** y la distancia *que* vbiere entre las líneas **F G** es el capialço *que* a de tener el dicho capialçado y el batidero de las puertas sera la distancia *que* vbiere entre las líneas **C G** y para sacar las plantas por lechos desta dicha puerta se an de sacar desbiando de los plomos *que* baxaren del diente de la dicha puerta el alto *que* tubiere el batidero de las puertas y el capialçado tomados por sus xuntas como se hiço en la puerta quadrada a Regla a 123 planas deste libro y las plantas por caras se an de sacar echando el largo de las caras de las plantas por lechos desde adonde tocaren los plomos *que* baxaren de la línea **G** en la línea **H** *que* bayan a parar a los plomos *que* baxaren del dintel del capialçado *que* es la línea **F** como se hiço en la dicha puerta quadrada¹⁰⁸ a Regla a 123 planas deste libro/[126]

Puerta de arco contra capialçado a Regla

Para tracar esta dicha puerta de arco contra capialçado a Regla le formarás la planta como pareçe entre los angulos **A** [128] el lado de la dicha planta **B** sirbe para la testa de afuera *que* haçe arco *que* es la distancia *que* vbiere entre la çircunferençia **C** y la línea **D** y el lado de la dicha planta **E** sirbe para la testa del dintel del capialçado entre la **D F** y la distancia *que* vbiere entre las líneas **F G** sirbe para el capialço *que* a de tener el dicho capialçado y el batidero de las puertas sera la distancia *que* vbiere entre la çircunferençia **C** y la línea **G** y las plantas por lechos se an de sacar desbiando de los plomos *que* baxaren del arco lo *que* tubiere el batidero de las puertas y el capialço del capialçado tomados en sus xuntas y echando los dichos tamaños de quadrado como se hiço en la puerta quadrada a Regla a 123 planas deste libro como pareçe la planta por lecho **H** entre los puntos **a b c d e f g** *que* se sako de la xunta **I** y las plantas por caras se an de sacar echando el largo de las caras de las plantas por lechos desde adonde tocaren los plomos *que* baxaren de la línea **G** en la línea del batiente **L** *que* bayan a parar a los plomos *que* baxaren de la línea **F** como se hiço en la dicha puerta quadrada a Regla a 123 planas deste libro como pareçe en la planta por cara **M** entre los puntos **1 2 3 4** *que* se sako p[a]ra la pieça **N** y la planta *que* esta entre los puntos **h i l m n o** es de la xunta **O**

Capialçado quadrado a Regla en toRe Redonda

Para traçar este dicho capialçado quadrado a Regla en toRe Redonda le formarás la planta como pareçe entre los quatro angulos **A** y la figura **B** es el dintel *que* sirbe de testa del dicho capialçado para sacar las

¹⁰⁸ *q* con tilde.

plantas por lechos de las pieças deste dicho capialçado las sacaras desta manera beras el capialço *que* le quisieres dar al dicho capialçado y este tamaño sacaras en angulo Reto desde el punto [129] **a** al punto **b** y a este dicho punto **b** tirarás la línea concuRiente **C** desde el punto **d** la cual dicha línea concuRiente **C** sirbe de cara para todas las plantas por lechos supongo *que* quieres sacar la testa de la planta por lecho *que* sirbe para la xunta **D** baxaras por quadrado los plomos de los cabos y de la mitad de la dicha xunta señalados con las letras **e f g q[ue]** bengan a parar a la çircunferençia Redonda *que* sirbe de testa **E** los quales dichos plomos serbiran para formar los desbios *que* se desbian de quadrado en la dicha çircunferençia como pareçe en las figuras **h i** despues tomaras en la planta el largo de la dicha xunta desde el punto **l** al punto **m** y este tamaño echaras de quadrado desde el punto **d** al punto **n** y deste dicho punto **n** sacaras en angulo Reto la línea en blanco **o** y lo *que* tubiere esta dicha línea en blanco desde el punto **n** al punto **p** eso capialça la dicha xunta por la testa y para sacar la dicha testa al xusto tomaras lo *que* desbia de la çircunferençia el desbio **h** y este tamaño lo galgaras co[n] la línea en blanco **o** y la *que* se galgare sera la línea en blanco **q** y despues tomaras el desbio **i** y este tamaño lo galgaras con la dicha línea en blanco **q** y la *que* se galgare sera la línea en blanco **r** y despues tomaras en la¹⁰⁹ xunta **D** la distançia *que* vbiere desde el punto **s** al punto **t** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **p** y con la otra tocaras en la línea en blanco **q** en el punto **u** y despues tomaras en la dicha xunta la distançia *que* vbiere desde el punto **t** al punto **x** y con este tamaño pondras la una punta del compas en el punto **u** y con la otra tocaras en la línea en blanco **r** en el punto **y** y con una çircunferençia estendida coxeras los dichos tres puntos **p u** y la qual dicha çircunferençia serbira de testa de la [130] dicha planta por lecho y desta manera se an de sacar todas las demas testas de las dichas plantas por lechos para plantarlas al xusto y las plantas por caras se an de sacar desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara **F** tomaras en la línea **C** *que* son las caras de las plantas por lecho la distançia *que* vbiere desde el punto **d** al punto **p** y este tamaño echaras desde el punto **3** al punto **2** y despues tomaras en la dicha línea **C** la distançia *que* vbiere desde dicho punto **d** al punto **ç** y este tamaño echaras desde el punto **4** al punto **1** y deste dicho punto **1** al punto **2** [131] çircundaras la testa de la dicha planta por cara desde el punto donde se çircundo la çircunferençia redonda **E** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto y a se de albertir *que* las pieças deste dicho capialçado bienen a *quedar* por las caras a Regla y borneo y ba haçiendo el dintel haçia enmedio vna manera de subida en çircunferençia por cavso de lo *que* alargan mas unas pieças *que* otras no puede *quedar* a nibel

Capialçado quadrado a Regla en toRe Redonda diferente del pasado

Para traçar este dicho capialçado quadrado a Regla en toRe Redonda le formarás la planta como pareçe entre los quatro angulos **A** y la línea **B** es lo baxo del dintel *que* sirbe de testa para el lado de la planta **D** y la distançia *que* vbiere entre las líneas **B C** es el capialço *que* a de tener el dicho capialçado y para sacar las plantas por lechos de las pieças deste dicho capialçado las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho **E** *que* se saco para la xunta **F** tomaras en la planta el largo de la dicha xunta desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño echaras en la línea **c** desde el punto **d** al punto **e** despues tomaras el alto de su capialço desde el punto **f** al punto **g** y este tamaño echaras en angulo Reto desde dicho punto **e** al punto **h** y a este dicho punto **h** tirarás la cara de la dicha planta por lecho **E** desde el punto **d** y para sacar la testa desta¹¹⁰ dicha planta por lecho tomaras la distançia *que* vbiere desde el punto **a** al punto **i** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **l** y con la otra tocaras en [132] el punto **m** y tiniendo fixa la vna punta del compas en el dicho punto **m** abriras la punta contraria *que* baya a parar al punto **n** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **d** y con la otra çircundaras el pedaço de çirculo **o** despues tomaras la distançia *que* vbiere desde el punto **a** al punto **p** y este tamaño echaras desde el punto **q** al punto **r** y tiniendo fixa la vna punta del compas en el dicho punto **r** abriras la¹¹¹ [133] el dicho compas *que* baya a tocar con la punta contraria al punto **s** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **d** y con la otra çircundaras el pedaço de çirculo en blanco **t** despues tomaras en la xunta **F** la distançia *que* vbiere desde el punto **g** al punto **n** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **h** y con la otra tocaras en el pedaço de çirculo tirado en blanco **o** en el punto **u** y despues tomaras en la dicha xunta **F** la

¹⁰⁹ Aparece tachado *lini*.

¹¹⁰ *desta* repetido y tachado una vez.

¹¹¹ Repetición errónea y obvia. Parece indicar que se está copiando de un manuscrito con la misma distribución del texto en la página.

distancia que vbiere desde el punto **n** al punto **s** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **u** y con la otra tocaras en el pedaço de çirculo en blanco **t** en el punto **x** y con una çircunferençia estendida coxeras los dichos tres punto[s] **h u x** la cual dicha çircunferençia serbira de testa de la dicha planta por lecho y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos deste dicho capialçado para plantarlas al xusto y las plantas por caras se an de sacar con el largo de las caras de las plantas por lechos conforme se hiço en el capialçado preçedente quadrado en toRe Redonda a 128 planas deste libro y como pareçe en la planta por cara **G** que esta entre los quatro angulos señalados con los numeros 1 2 3 4

Capialçado biaxe por testa en toRe Redonda a Regla

Para traçar este dicho capialçado biaxe por testa en buelta Redonda le formaras la planta como pareçe entre los quatro angulos **A** y formaras el dintel¹¹² que sirbe de testa para el lado Redondo de la planta **C** y la distancia que vbiere entre las linias **B D** es el capialço que a de tener el dicho capialçado y las plantas por lechos de las pieças deste dicho capialçado las sacarás estendiendo las xuntas de la planta con las alturas del capialço y plomos que baxaren de las xuntas del dintel como se hiço en el capialçado quadrado a Regla en toRe Redonda a 131 planas deste libro como pareçe la [134] planta por lecho **E** que se saco para la xunta **F** y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos como se hiço en el capialçado quadrado a Regla en toRe Redonda a 128 planas deste libro como pareçe en la planta por cara **G** que se saco para la pieça **H**

Capialçado biaxe por cara a Regla en toRe Redonda

[135] Para traçar este dicho capialçado¹¹³ en biaxe por cara a Regla le formaras la planta como pareçe entre los quatro angulos **A** y le formaras el dintel **B** que sirbe de testa para el lado Redondo de la planta **C** y la distancia que vbiere entre las linias **B D** es el capialço que a de tener el dicho capialçado y las plantas por lechos de las pieças deste dicho capialçado se an de sacar estendiendo las [136] xuntas de la planta con las alturas del capialço y plomos que baxaren de las xuntas del dintel como se hiço en el capialçado quadrado a Regla en toRe Redonda a 131 planas deste libro como pareçe la planta por lecho **E** que se saco para la xunta **F** y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos como se hiço en el capialçado quadrado a Regla en toRe Redonda a 128 planas deste libro como pareçe en la planta por cara **G** que se saco para la pieça **H**

Puerta en toRe cabada contra capialçado en toRe Redonda a Regla

Para traçar esta dicha puerta en toRe cabada contra capialçado en toRe Redonda le formaras la planta como pareçe entre los angulos **A** y la çircunferençia cabada **B** es el lado de la planta que sirbe para el dintel de la puerta que es la distancia desde la linia **C** a la linia **D** y la çircunferençia Redonda **E** es el lado de la planta que sirbe para el dintel del capialçado que es la distancia que vbiere en la montea entre las linias **D F** y el capialço que a de tener el dicho capialçado sera la distancia [qu]e vbiere en la montea entre las linias **F G** y el batidero de las puertas sera la distancia que vbiere entre las linias **C G** y la distancia que vbiere en la planta entre las linias **H I** es el batiente del capialçado y para sacar las plantas por lechos de las pieças desta dicha puerta¹¹⁴ las sacarás desta manera supongo que quierés sacar la planta por lecho **L** que sirbe para la xunta **M** baxaras de quadrado los plomos de los cabos y mitad de la dicha xunta que bayan a parar a la [137] çircunferençia cabada **B** despues tomaras en la dicha xunta la distancia que vbiere desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño galgaras con el plomo **c** y la q[ue] se galgare sera la linia **d** y despues tomaras en la dicha xunta la distancia que vbiere desde el punto **b** al punto **e** y este tamaño galgaras con la linia **d** y la que se galgare sera la linia **f** despues tomaras en el plomo que baxo de la mitad de la dicha xunta la distancia que vbiere desde el punto **g** al punto **h** y este tamaño echaras en la linia **d** desde el punto **i** al punto **l** y despues tomaras en el plomo que baxo del tardos de la dicha xunta la distancia que vbiere desde el punto **m** al punto **n** y este tamaño echaras en la linia **f** desde el punto **o** al punto **p** y con vna çircunferençia estendida coxeras los

¹¹² Aparece tachado *batiente* y corregido para dar *dintel*, por *dintel*.

¹¹³ Hay una tachadura y letras interpoladas en el renglón y por encima de él; parece como si se hubiera escrito primero *Para traçar este dicho arco en biaxe ...* y después, al caer en la cuenta del error, se hubiera sustituido *arco* por *capialçado*.

¹¹⁴ Aparece tachado *capialçado*.

dichos tres puntos **p l q** la cual dicha çircunferençia serbira de testa de la dicha planta por lecho para el dintel de la puerta y para sacar la testa contraria *que* sirbe para el dintel del dicho capialçado baxaras por quadrado los tres plomos señalados con los numeros **1 2 3** *que* bayan a tocar a la çircunferençia Redonda **E** y despues tomaras en la dicha xunta la distançia *que* vbiere desde el punto **4** al punto **5** y este tamaño galgaras con el plomo **c** y la *que* se galgare sera la linia **r** y despues tomaras en el plom[o] **1** la distançia *que* vbiere desde el punto **6** al punto **7** y este tamaño echaras en el plomo **r** desde el punto **s** al punto **t** y a este dicho punto **t** tirarás la cara de la dicha planta por lecho **L** desde el punto (**trébol**) dexandole el batiente *que* pidiere la xunta en la planta y en la montea y despues tomaras en la dicha xunta la distançia *que* vbiere desde el punto **5** al punto **8** y este tamaño galgaras con la linia **r** y la *que* se galgare sera la linia **u** y despues tomaras en la dicha xunta la [138] distançia *que* vbiere desde el punto **8** al punto **9** y este tamaño galgaras con la linia **u** y la *que* se galgare sera la linia **x** y despues tomaras en el plomo **r** la distançia *que* vbiere desde [139] el punto **10** al punto **11** y este tamaño echaras en la linia **u** desde el punto **y** al punto **ç** despues tomaras en el plomo **3** la distançia *que* vbiere desde el punto **12** al punto **13** y este tamaño echaras en la linia **x** desde el punto **o** al punto (**cruz**) y estos dichos tres puntos **t ç** (**cruz**) coxeras con vna çircunferençia estendida la qual dicha çircunferençia serbira de testa para el dintel del capialçado y tirando sus linias de vnos puntos a otros quedara formada la dicha planta por lecho como pareçe entre los angulos **p q** (**t ansata**) (**cuadrifolio**) (**trébol**) **t** (**cruz**) y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lecho para plantarlas al xusto y para sacar las plantas por caras las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara **N** tomaras el largo de la cara de la planta por lecho **L** desde el punto **t** al punto (**trébol**) y este tamaño echaras desde el punto **14** al punto **15** despues tomaras el largo de la planta por lecho **O** desde el punto **16** al punto **17** y este tamaño echaras desde el punto **18** al punto **19** y del punto **15** al punto **19** çircundaras la testa de la dicha planta por cara con la çircunferençia de la buelta Redonda **E** y de unos puntos a otros tirarás sus linias Retas y formarás la dicha planta por cara como pareçe entre los angulos **14 15 18 19** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto

Capialçado quadrado en toRe cabada a Regla

Para traçar este dicho capialçado quadrado en toRe cabada a Regla le formarás la planta como pareçe entre los quatro angulos **A** la figura **B** es dintel *que* sirbe de testa para el lado cabado de la planta **C** y la distançia *que* vbiere entre las linias **B D** es el capialço *que* a de tener el dicho capialçado para sacar las¹¹⁵ plantas por lechos deste dicho capialçado [140] las sagaras¹¹⁶ desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho **E** *que* se saco para la xunta¹¹⁷ **F** tomaras en la planta el largo de la dicha xunta desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño echaras en la linia en blanco **c** desde el punto **d** al punto **e** despues tomaras el alto de su capialço desde el punto **f** al punto **g** y este tamaño echaras en angulo Reto desde el punto **e** al [141] punto **h** y a este dicho punto **h** tirarás la cara de la dicha planta por lecho d[esde]l¹¹⁸ punto **d** y para sacar la testa desta dicha planta por lecho pondras la vna punta del compas en el punto **a** y con la otra tocaras en el punto **i** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **l** y con la otra tocaras en el punto **m** y tiniendo fixa la vna punta del compas en el dicho punto **m** abriras el dicho compas *que* baya con la otra punta a tocar al punto **n** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **d** y con la otra punta çircundaras vn pedaço de circulo en blanco **o** despues tomaras la distançia *que* vbiere desde el punto **a** al punto **p** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **q** y con la otra tocaras en el punto **r** y tiniendo fixa la vna punta del compas en el dicho punto **r** abriras el dicho compas *que* baya a tocar con la punta contraria al punto **s** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **d** y con la otra punta çircundaras vn pedaço de circulo en blanco **t** despues tomaras en la dicha xunta¹¹⁹ la distançia *que* vbiere desde el punto **g** al punto **n** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **h** y con la otra tocaras en el pedaço de circulo en blanco **o** en el punto **u** despues tomaras en la dicha xunta la distançia *que* vbiere desde el punto **n** al punto **s** y con este tamaño pondras la vna punta de compas en el punto **u** y con la otra tocaras en el pedaço de circulo en blanco **t** en el punto **x** y con una çircunferençia estendida coxeras los

¹¹⁵ Aparece tachado *pla* ...

¹¹⁶ Error por *sacaras*.

¹¹⁷ Aparece *linia* tachado para dar *xunta*.

¹¹⁸ Mancha posterior a la escritura.

¹¹⁹ ... *xunta* aparece intercalado entre la *x* y la *distançia*.

dichos tres puntos **h u x** la qual dicha çircunferençia estendida serbira de testa para la dicha planta por lecho **E** *que* esta entre los angulos **d h x** y **ç** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto y las plantas por caras las sacarás desta manera supongo *que* quierēs sacar la planta por cara **G** tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **E** desde el punto **d** al punto **h** y este tamaño echarás desde el punto **1** al punto **2** despues tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **H** desde el punto **d** al punto (**cruz**) y con este tamaño pondrás la vna punta del compas en el punto **3** y con la otra tocarás en el punto **4** y dende este [142] dicho punto **4** al punto **2** çircundarás la testa de la dicha planta por cara con la çircunferençia cabada **C** y de vnos puntos a otros tirarás sus linias Retas con las quales quedará formada la dicha planta por cara como pareçe entre los angulos **1 2 3 4** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto

Capialçado en toRe cabada biaxe por testa a Regla

[143] Para traçar es[te] dicho capialçado biaxe por testa en toRe cabada a Regla le formarás la planta como pareçe entre los angulos **A** y la figura **B** es dintel del dicho capialçado *que* sirbe para el lado cabado de la planta **C** y la distançia *que* vbiere entre las linias **B D** es el capialço *que* a de tener el dicho capialçado y las plantas por lechos deste dicho capialçado las sacarás estendiendo las xuntas de la planta con las alturas del capialço y plomos *que* baxaren de las xuntas del dintel como se hiço en el capialçado quadrado en toRe cabada a Regla a 139 planas deste libro como pareçe la planta por lecho **E** *que* se saco para la xunta **F** y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas¹²⁰ por lechos como se hiço en el dicho capialçado quadrado en toRe cabada a Regla a 139 planas deste libro como pareçe en la planta por cara **G** *que* se saco para la pieça **H**

Capialçado biaxe por cara en toRe cabada a Regla

Para traçar este dicho capialçado biaxe por cara en toRe cabada a Regla le formarás la planta como pareçe entre los quatro angulos **A** y la figura **B** es dintel del dicho capialçado *que* sirbe de testa para el lado cabado de la planta **C** y la distancia *que* vbiere entre las linias **B D** es el capialço *que* a de tener el dicho capialçado la figura **E** es batiente del dicho capialçado y para sacar las plantas por lechos de las pieças deste dicho capialçado se an de sacar estendiendo las xuntas de la planta con las alturas del capialço y plomos *que* baxaren de las xuntas del dintel por linia concuRiente como se hiço en el capialçado quadrado en toRe cabada a Regla a 139 planas deste libro como pareçe en la planta por lecho **F** *que* se saco para la xunta **G** y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos como se hiço en el dicho capialçado quadrado¹²¹ en toRe cabada a Regla a 139 planas deste libro como pareçe en la planta por cara **H** *que* se saco para la pieça **I**¹²² [144]

Puerta en toRe Redonda contra capialçado en toRe cabada a Regla

Para traçar esta dicha puerta en toRe redonda contra capialçado en toRe cabada a Regla le formarás la planta como pareçe entre los angulos **A** la çircunferençia Redonda **B** [145] es lado de la planta *que* sirbe para el dintel de la puerta como pareçe en la montea desde la linia **C** a la linia **D** y la çircunferençia cabada **E** es lado de la planta *que* sirbe para el dintel del capialçado *que* es la distançia *que* vbiere en la montea entre las linias **D F** y el capialço *que* a de tener el dicho capialçado es la distançia *que* vbiere entre las linias **F G** y el batidero de las puertas sera la distançia *que* vbiere en la montea¹²³ entre las linias¹²⁴ **C G** y la distançia *que* vbiere en la planta entre las linias **H I** es el batiente del dicho capialçado y para sacar las plantas por lechos de las pieças desta dicha puerta las sacarás estendiendoles las testas *que* miraren hacia la puerta con el xuzgo

¹²⁰ Aparece *caras de* interpolado, una *p* tachada y *las*; parece como si el copista hubiera empezado a escribir *de las plantas* y después se hubiera dado cuenta de su error, corrigiendo por *de las caras de las plantas*.

¹²¹ Aparece tachado *biaxe*.

¹²² Como era costumbre en los libros de la época, muchas páginas del manuscrito terminan con la primera palabra de la siguiente; aquí se sufre un error, pues la plana 143 termina con *capi* como si la próxima traza fuera un *Capialçado*, pero la 144 se inicia con el título de la traza de una *Puerta*.

¹²³ Aparece tachado *planta* y encima interpolado *montea*. Esto nos indica de nuevo que la copia no está realizada mecánicamente.

¹²⁴ Aparece tachado *HI*.

y largo de los plomos *que* baxaren de los cabos y mitades de las xuntas de la montea desde la linia C a la linia D y a las testas *que* miraren haçia el capialçado las estenderas con el xuzgo y largo *que* tubieren los plomos *que* baxaren de los cabos y mitad de las xuntas del dintel desde la linia D a la linia F y las caras de las dichas plantas por lechos las estenderas desbiando de su quadrado las distançias *que* tubieren las dichas xuntas en la montea desde la linia C a la linia F conforme se hiço en la puerta en toRe cabada contra capialçado en toRe Redonda a 136 planas deste libro como pareçe en la planta por lecho L *que* se saco para la xunta M y las plantas por caras las sacaras con el largo *que* tubieren las caras de las plantas por lechos como se hiço en la dicha puerta en toRe cabada contra capialçado en toRe Redonda a 136 planas deste libro como pareçe en la planta por cara N *que* se saco para¹²⁵ la pieça O y a se de albertir *que* las testas de las plantas por lechos y plantas por caras *que* en esta dicha puerta son cabadas en la puerta en toRe cabada contra capialcado en toRe Redonda son Redondas[146]

Capialçado desquixado quadrado

Para traçar este dicho capialçado desquixado quadrado le formarás la planta como pareçe entre los quatro angulos [147] A y le formarás el arco B *que* sirbe de testa del dicho capialçado por el lado de la planta C y la figura D sirbe de batiente del dicho capialçado y para sacar las plantas por lechos de las pieças deste dicho capialçado las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho E *que* se saco para la xunta F tirarás vna linia en blanco desde el punto 1 al punto 2 *que* haga angulo Reto con la linia 3 y tenga de largo lo *que* capialçare la dicha xunta desde el punto 1 al punto 4 y despues pondrás la una punta del conpas en el punto 5 y con la otra tocarás en el punto 6 y tiniendo fixa vna punta del conpas en el dicho punto 6 con la otra tocarás en el punto 7 despues abrirás el dicho conpas *que* toque con la vna punta en el dicho punto 7 y con la otra tocará en el punto 8 y con este tamaño pondrás la vna punta del conpas en el punto 5 y con la otra çircundarás el pedaço de çirculo en blanco 9 despues tomarás el largo de la xunta F desde el punto 4 al punto 8 y con este tamaño pondrás la vna punta del conpas en el punto 2 y con la otra tocarás en el pedaço de çirculo en blanco 9 en el punto 10 y a este dicho punto 10 tirarás la testa de la dicha planta por lecho desde el dicho punto 2 y de vnos puntos a otros tirarás sus lineas Retas y quedará formada la dicha planta por lecho como pareçe entre los angulos 5 2 10 11 12 y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto y las plantas por caras las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara G tomarás el largo de la cara de la planta por lecho E desde el punto ç al punto 2 [148] y con este tamaño pondrás la vna punta del conpas en el punto a y con la otra tocarás en el punto b despues tomarás el ancho de su bolsor desde el punto c al punto d y con este tamaño pondrás la vna punta del conpas en el punto b y con la otra çircundarás el pedaço de çirculo en blanco e despues tomarás el largo de la cara de la planta por lecho H desde el punto f al punto g y con este tamaño pondrás la vna punta del conpas en el punto h y con la otra tocarás en el pedaço de çirculo en blanco e en el punto i y a este dicho punto i tirarás la testa de la dicha planta por cara [149] desde el dicho punto b y de vnos puntos a otros tirarás sus lineas retas y quedará formada la dicha planta por cara como parece entre los angulos a b h i y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto

Capialçado desquixado biaxe por testa

Para traçar este dicho capialçado desquixado biaxe por testa le formarás la planta como pareçe entre los quatro angulos A y asimismo formarás el arco B *que* sirbe de testa para el lado de la planta C y la figura D es batiente del dicho capialçado y para sacar las plantas por lechos deste dicho capialçado les sacaras las caras estendiendo las xuntas de la planta con las alturas del capialço y estenderás las testas con las alturas de los plomos del tardos del tardos¹²⁶ de las dichas xuntas como se hiço en el capialçado desquixado quadrado a 146 planas deste libro como pareçe en la planta por lecho E *que* esta entre los angulos 1 2 3 4 5 *que* se saco para la xunta F y las plantas por caras las sacaras con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsores como se hiço en el dicho arco desquixado quadrado a 146 planas deste libro como pareçe en la planta por cara G *que* esta entre los angulos a b c d *que* se saco para la¹²⁷ pieça H y desta manera se sacaran todas las demas plantas por lechos y por caras para plantarlas al xusto [150]

¹²⁵ Aparece interpolada la primera a.

¹²⁶ Repetición obvia.

¹²⁷ *xunta* aparece tachado.

Capialçado desquixado biaxe por cara

Para tracar este dicho capialçado desquixado biaxe por cara le formaras la planta como pareçe entre los quatro angulos **A** y asimismo formaras el arco **B** *que* sirbe de testa para el lado de la planta **C** y la figura **D** es batiente del dicho capialçado y para sacar las plantas por lechos deste dicho capialçado les sacaras las caras estendiendo las xuntas de las caras con el alto *que* tubieren las xuntas en el capialço y sacaras las testas con el alto *que* tubieren [151] los plomos del tardos de las dichas xuntas como se hiço en el capialçado desquixado quadrado a 146 planas deste libro como pareçe la planta por lecho **E** *que* esta entre los angulos 1 2 3 4 5 *que* se saco para la xunta **F** y las plantas por caras las sacaras con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de sus bolsores como se hiço en el dicho arco desquixado quadrado como pareçe en la planta por cara **G** *que* esta entre los angulos **a b c d** *que* se saco para la pieça¹²⁸ **H**[152]

Capialçado desquixado con sus despieços

Para traçar este dicho capialçado desquixado por Robos con sus despieços le formaras la planta como [153] pareçe entre los quatro angulos **A** y beras los despieços *que* vbiere de tener este dicho capialçado supongo *que* son las dos linias terminadas **B C** y a estos despieços sacaras sus arcos en Sgmento menor de çirculo como se hiço en la terçera difinition desta segunda parte a 116 planas deste libro como pareçe en los arco[s] **D E** el arco **D** sirbe para el despieço **B** y el arco **E** sirbe para el despieço **C** y el arco **F** sirbe de testa del dicho capialçado por el lado de la planta **G** y la linia **H** sirbe de batiente para el dicho capialçado y todos tres arcos les entraras los bolsores en quadrado como se hiço en la primera difinition desta segunda parte a 114 planas deste libro y para sacar las plantas por lechos deste dicho capialçado las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho **I** *que* se saco desde el despieço **C** hasta el lado de la planta **G** tomaras en el arco **F** el capialço de la xunta mas baxa de la dicha pieça *que* es la distançia *que* vbiere desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño echaras de quadrado desde el punto 3 al punto 4 depues tomaras en el arco **E** el capialço de la xunta mas baxa de la dicha pieça *que* es la distançia *que* vbiere desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño echaras en su despieço desde el punto 7 al punto 8 y deste punto 8 al punto 4 tiraras la cara de la dicha planta por lecho y las testas las sacaras con el alto de los quadrados de sus bolsores como pareçe en la planta por lecho *que* esta [154] entre los quatro angulos 4 8 9 10¹²⁹ y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas por quadrado antes *que* se ayan de Robar y las plantas por caras las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara **L** *que* se saco para la dicha segunda pieça tomaras el largo de la cdra¹³⁰ de la dicha planta por lecho desde el punto 8 al punto 4 y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **a** y con la otra tocaras en el punto **b** y por este dicho punto **b** tiraras la testa de la dicho planta por cara hasta el punto **c** *que* baya paralela con el lado de la planta **G** y a de tener esta dicha testa de largo lo *que* tubiere de ancho el quadrado del bolsor **M** desde el punto **d** al punto **e** y a de tener la testa contraria¹³¹ desde el punto **a** al punto **f**¹³² lo *que* tubiere de ancho el quadrado del bolsor **N** desde el punto **g** al punto **h** y de vnos puntos a otros tiraras sus linias Retas y quedara formada la dicha planta por cara como pareçe entre los puntos **a b c f** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas por quadrado antes *que* se ayan de Robar y sacadas las dichas plantas por lechos y por caras labraras primero la pieça de quadrado con las dichas plantas y despues la Robaras por la testa *que* sirbe para el arco **F** con los Robos del bolsor **M** y por la testa *que* sirbe al arco **E** con los Robos del bolsor **N**[155]

Capialçado aboçinado en buelta con sus despieços

Para traçar este dicho capialçado aboçinado en buelta con sus despieços le formaras la planta como pareçe entre los quatro angulos **A** y asimismo formaras el arco **B** *que* sirbe de testa para el lado de la planta **C** y beras los despieços *que* a de tener este dicho capialçado supongo *que* son por las dos linias terminadas **D E** y a estos dichos despieços les sacaras sus arcos en sgmento menor de çirculo con las alturas de la linia concuRiente **F** *que* se saco con el largo de la linia en blanco **G** y con el alto del arco **B** conforme se hiço en

¹²⁸ Aparece tachado *xunta*.

¹²⁹ Los puntos 9 y 10 no están marcados en el dibujo, sin duda por olvido, pues se pueden identificar sin ambigüedad.

¹³⁰ Error por *cara*.

¹³¹ Aparece tachado *de largo*.

¹³² Tampoco aparece **f** en el dibujo, y también se puede identificar sin problemas.

la tercera difinition desta segunda parte a 116 planas deste libro como parecen los arcos **H I** el arco **H** sirbe para el despieço **D** y el arco **I** sirbe para el despieço **E** y la linia **L** sirbe de batiente para el dicho capialçado y las plantas por caras deste dicho capialçado las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara *que que*¹³³ esta entre los puntos **a b c d** tomaras el ancho del quadrado **M** desde el punto **e** al punto **f** y este tamaño echaras desde el punto **a** al punto **b** despues tomaras el ancho del quadrado **N** desde el punto **g** al punto **h** y este tamaño echaras desde el punto **c** al punto **d** y de vnos puntos a otros tiraras sus linias y çircunferençias y quedara sacada la dicha planta por cara tiniendo quenta de coxer con cada çircunferençia del tardos tres despieços con el ancho de los bolsores *que* les conbiniere y con esta dicha planta por cara as [157] de labrar la pieça primera bez de quadrado *que* benga a quedar por el lado Redondo desde el punto **a** al punto **c** con la forma *que* tubiere el quadrado de la planta por lecho **O** entre los quatro angulos 1 2 3 4 y a de quedar por el lado cabado desde el punto **b** al punto **d** con la forma *que* tubiere el quadrado de la planta por lecho **P** etre los quatro angulos 5 6 7 8 y despues de labrada la dicha pieça de quadrado con la forma aRiba dicha la Robaras primera bez de quadrado con el altura *que* sube mas el quadrado del bolsor **M**¹³⁴ en el arco **B** *que* no el quadrado del bolso¹³⁵ **N** en el arco **I** y despues de robada bendra a quedar por el lado Redondo con la forma *que* tubiere la planta por lecho *que* esta entre los quatro angulos 1 4 9 10 y a de quedar por el lado cabado con la forma *que* tubiere la planta por lecho *que* esta entre los quatro angulos 5¹³⁶ 8 11 12 y vendra a quedar por la testa *que* sirbiere para el lado de la planta **C** con la forma *que* tubiere el quadrado¹³⁷ de su bolsor **M** y bendra a quedar por la testa *que* sirbiere para el despieço **E** con la forma *que* tubiere el quadrado de su bolso¹³⁸ **N** y despues las Robaras segunda bez por las testas con los Robos *que* tubieren los dichos cuadrados de sus bolsores cortandolos dichos Robos de vnas testas a otras con vnas çircunferençias estendidas las quales dichas çircunferençias estenderas por çircunferençia concuRiente como se hiçiere en la difinition desla¹³⁹ la tercera parte a plaanas deste libro como parece la çercha estendida **Q** *que* se estendio para la çircunferençia **R**

Capialçado aboçinado en buelta en toRe Redonda

Para traçar este dicho capialcado en buelta en toRe Redonda [159] le formarás la planta como parece entre lo quatro angulos **A** y asimismo formarás el arco **B** *que* sirbe de testa para el lado Redondo de la planta **C** y beras los despieços *que* vbiere de llebar *que* son las linias terminadas **D E** y a estos dichos despieços les sacaras sus arcos en sgmento menor de çirculo como parecen los arcos **D E** con las alturas *que* cavsaren los dichos despieços en la linia concuRiente **F** *que* se saco con la linia en blanco **G** y con el alto del arco **B** y las plantas por caras las sacaras de quadrado conforme se hiço en el capialçado aboçinado en buelta a 155 planas deste libro como parece la planta por cara *que* esta entre los angulos **a b c d** y las plantas por lechos las sacaras como se hiço en el dicho capialçado aboçinado en buelta como parece la planta por lecho *que* esta entre los quatro angulos 1 2 3 4 *que* sirbe para el lado Redondo de la dicha planta por cara desde el punto **a** al punto **d** y la planta por lecho *que* esta entre los quatro angulos 5 6 7 8 sirbe para el lado cabado de la dicha planta por cara desde el punto **b** al punto **c** y las pieças deste dicho capialcado las Robaras primera y segunda bez conforme se hiço en el dicho capialcado aboçinado en buelta cortandoles las testas con los Robos *que* cavsaren los quadrados de sus bolsores y de vnas testas a otras con las çircunferençias estendidas por çircunferençia concuRiente como parece la çircunferençia **H** *que* se estendio de la çircunferençia **I**

Capialçado aboçinado en buelta en toRe cabada

Para traçar este dicho capialcado aboçinado en buelta en toRe cabada le formarás la planta como parece entre los quatro angulos **A** y asimismo formarás el arco¹⁴⁰ **B** *que* sirbe [161] de testa para el lado de la planta

¹³³ Repetición obvia.

¹³⁴ Aparece tachado *que*.

¹³⁵ Error por *bolsor*.

¹³⁶ El signo es confuso, pero del contexto se deduce que ha de ser un 5.

¹³⁷ *q* con tilde.

¹³⁸ Error por *bolsor*.

¹³⁹ Error por *desta*.

¹⁴⁰ error por *arco*.

cabada C y le repartiras los despieços *que a de tener que son*¹⁴¹ las linias terminadas D E y a estos dichos despieços les sacarás sus arcos en segmento menor de círculo como parecen los arcos D E con las alturas q tubiren sus despieços en la linea concuRiente F *que se saco del largo de la linea en blanco G* y con el alto del arco B como se hiço en la terçera difinition desta segunda parte a 116 planas deste libro y las plantas por caras las sacarás de quadrado conforme se hiço en el capialçado aboçinado en buelta a 155 planas deste libro como parece la planta por cara *que* esta entre los quatro angulos a b c d y las plantas por lechos las sacarás primero de quadrado y despues como se hico en el dicho capialçado aboçinado en buelta como parece la planta por lecho *que* esta entre los quatro angulos 1 2 3 4 *que se saco para el lado Redondo de la dicha planta por cara desde el punto a al punto d* y la planta por lecho *que* esta entre los quatro angulos 5 6 7 8 sirbe para el lado cabado de la dicha planta por cara desde el punto c al punto b y las pieças deste dicho capialçado las Robaras primera y segunda bez conforme se hiço en el dicho capialçado aboçinado en buelta cortandoles las testas con los Robos *que* cavaren los quadrados de sus bolsores y de vnas testas a otras con las çircunferençias estendidas por çircunferençia concuRiente como parece la çircunferençia H *que se estendio de la çircunferençia I*

Capialçado de arco contra el dintel

Para traçar este dicho capialçado de arco contra el dintel [162] le formarás la planta como parece entre los quatro¹⁴² angulos A y asimismo formarás el arco B *que* sirbe de testa para el lado de la planta C y el dintel D sirbe de testa para el lado de la planta E y para sacar las plantas por lechos las sacarás desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho F *que se saco para la xunta G* tomarás el largo de su xunta desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño echarás en su plomo desde el punto 3 al punto 4 despues tomarás lo *que* capialca la dicha [163] xunta desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño echarás desde el punto 4 al punto 7 y a este dicho punto 7 tirarás la cara de la dicha planta por lecho F desde el punto 3 despues tomarás en el dintel el largo de la dicha xunta desde el punto 6 al punto 8 y este tamaño echarás desde el punto 7 al punto 9 y despues tomarás en el arco el largo de su xunta desde el punto 5 al punto 10 y este tamaño echarás desde el punto 3 al punto 11 y de unos puntos a otros tirarás sus linias Retas y quedara formada la dicha planta por lecho para plantarla al xusto como parece entre los puntos 3 7 9 11 y las plantas por caras las sacarás desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara H tomarás el largo de la cara de la planta por lecho I desde el punto 12 al punto 13 y este tamaño echarás desde el punto a al punto b y despues tomarás el largo de la cara de la planta por lecho F desde el punto 3 al punto 7 y con este tamaño pondrás la vna punta del compas en el punto 1 y con la otra tocarás en el punto c *que* benga a quedar de testa desde dicho punto c al punto b lo *que* tubiere de ancho su bolsor desde el punto d al punto e y de vnos puntos a otros tirarás sus linias Retas y quedara formada la dicha planta por cara como parece entre los puntos 1 a b c y a se de albertir *que* la linea L es subida *que* haçe el dintel mas *que* el arco por las paredes del dicho capialçado.

Capialçado desquixado de arco contra dintel

Para traçar este dicho capialçado desquixado de arco [164] contra dintel le formarás la planta como parece entre los angulos A y asimismo formarás el arco B *que* sirbe de testa para el lado de la planta C y el dintel D sirbe de testa para el lado de la planta E y las plantas por lechos deste dicho [165] capialçado las sacarás con el capialço *que* suben los plomos de las xuntas en el dintel mas *que* no el arco y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsores como se hiço en el capialçado de arco contra dintel a 161 planas deste libro

Capialçado desquixado en çercha por la cara

Para traçar este dicho capialçado desquixado en çercha por la cara le formarás la planta como parece entre los quatro angulos A y asimismo formarás el arco B *que* sirbe de testa para el lado de la planta C y la linea D es el batiente del dicho capialçado y para sacar las plantas por lechos de las pieças deste dicho capialçado las sacarás primero estendiendo las caras con el largo de las xuntas de la planta y con el alto de sus capialços y sacarás las testas con el alto de los plomos del tardos de las dichas xuntas como se hiço en el capialçado

¹⁴¹ n de son intercalada.

¹⁴² q con tilde.

desquixado quadrado a 146 planas deste libro y las plantas por caras las sacaras primero con el largo de las¹⁴³ caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsos como se hiço en el dicho arco desquixado quadrado y despues de labradas las pieças por quadrado con las plantas por lechos y por caras aRiba dicho y¹⁴⁴ labrados los lechos les Robaras las caras en çercha sacando las çerchas desta manera supongo *que* quierres sacar la çercha E Repartiras el largo de la cara de la planta por lecho F desdel punto 1 al punto 2 en seys partes en mas v menos y vna destas [166] partes desbiaras en angulo Reto por la mitad de la dicha cara desdel punto 3 al punto 4 y con la çircunferençia estendida E coxeras los dichos tres puntos 1 4 2 y esta sera la çercha *que* a de tener por la cara la dicha planta por lecho F y desta manera se an de sacar todas las demas çerchas para las caras de las dichas plantas por lechos y a se de albertir *que* la primera çercha G no se a de plantar por el lecho baxo de la primera pieça sino se a de robar y entrar perpendicularmente *que* haga plomo con el lado desquixado del dicho capialçado [167]

Capialçado obal

Para tracar este dicho capialçado obal le formarás la planta como parece entre los quatro angulos A y asimismo formarás el arco B *que* sirbe de testa para el lado de la planta C y la çircunferençia D sirbe de batiente del dicho capialçado y las plantas por lechos y por caras deste dicho capialçado las sacaras primero conforme se hico en el capialcado quadrado desquixado a 146 planas deste libro y despues les formarás a las [168] caras de las plantas por lechos las çerchas d con *que* an de ser Robadas las caras de las pieças con el çintrel *que* cavsa la çircunferençia del lado del obal desdel punto 1 al punto 2 de manera *que* mientras mas larga la xunta mas çircunferencia le cabe como pareçe en las dichas plantas por lechos

Puerta quadrada a Regla contra capialcado quadrado desquixado de arco

Para tracar esta dicha puerta quadrada a Regla contra capialcado desquixado quadrado le formarás la planta como pareçe entre los angulos A y asimismo formarás el dintel *que* esta entre las dos linias B C *que* sirbe de testa para el lado de la planta D y el arco E sirbe de testa para el capialçado por el lado de la planta F y la distançia *que* ay entre las linias B G es el batidero de las puertas y la distançia *que* ay entre las linias en blanco H I es el batiente de la planta y para sacar las plantas por lechos de las pieças desta dicha puerta las sacaras desbiando de los plomos *que* baxaren de lo baxo del dintel el alto del batidero de las puertas y del capialçado con su arco tomado todo por sus xuntas como se hiço en la puerta cuadrada a Regla a 123 planas deste libro como pareçe en la planta por lecho L *que* esta entre los angulos 1 2 3 4 5 6 7 *que* se saco para la xunta M y las plantas [169] por caras se an de sacar echando el largo de las caras de las plantas por lechos desde adonde tocaren los plomos *que* baxaron de la linia G en la linia *que* sirbe de batiente H y tengan por las testas lo *que* tubieren de ancho los bolsos del arco E como pareçe en la planta por cara N *que* esta entre los quatro angulos a b c d *que* se saco para la pieça O [170]

Puerta en biaxe a Regla contra capialçado desquixado biaxe por testa

Para traçar esta dicha puerta en biaxe a Regla contra capialcado desquixado biaxe por testa le formarás la planta [171] como pareçe entre los quatro angulos A y asimismo formarás el dintel *que* esta entre las dos linias B y C *que* sirbe de testa para el lado de la planta D y el arco E sirbe de testa del capialçado por el lado de la planta F y la distançia *que* vbiere entre las linias B G sirbe de batidero de las puertas y la distançia *que* vbiere entre las linias H I sirbe de batiente de la planta y para sacar las plantas por lechos de las pieças desta dicha puerta las sacaras como se sacaron en la puerta quadrada a Regla a 123 planas deste libro¹⁴⁵ como pareçe en la planta por lecho L *que* esta entre los angulos señalados con los numeros 1 2 3 4 5 6 7 *que* se saco para la xunta M y las plantas por caras las sacaras conforme se hiço en la puerta quadrada¹⁴⁶ a Regla contra capialçado desquixado de arco cuadrado a 168 planas deste libro

¹⁴³ Aparece tachado *pl.*

¹⁴⁴ Aparece tachado *despues de.*

¹⁴⁵ Aparece tachado y *las plantas po.*

¹⁴⁶ *q* con tilde.

Puerta quadrada de arco contra capialçado quadrado desquixado de arco

Para traçar esta dicha puerta quadrada de arco contra capialçado quadrado desquixado de arco le formarás la planta como parece entre los angulos **A** y asimismo formarás el arco **B** *que* sirbe de testa de la puerta por el lado de la planta **C** y el arco **D** sirbe de testa del capialçado por el lado de la planta **E** y la distançia [172] *que* vbiere entre la çircunferençia del arco **B** y la linia **F** es el batidero de las puertas y la distançia *que* vbiere entre las dos linias en blanco **G H** es el batiente de la planta y para sacar las plantas por lechos de las pieças desta puerta las sacarás desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho **I** tomarás [173] en su xunta la distançia *que* vbiere desde el punto **a** al punto **b** y este tamaño desbiaras de su plomo desde el punto **c** al punto **d** y desde el punto **e** al punto **f** despues tomarás en su xunta la distançia *que* vbiere desde el punto **a** al punto **g** y este tamaño desbiaras de su plomo desde el punto **h** al punto **i** y a este dicho punto **i** tirarás la cara de la dicha planta por lecho **I** desde el punto **f** y depues tomarás la distançia *que* vbiere desde el punto **g** al punto **l** y este tamaño echarás desde el punto **i** al punto **m** y despues tomarás el largo de toda la xunta desde el punto **a** al punto **l** y este tamaño echarás desde el punto **n** al punto **o** y de unos puntos a otros tirarás sus linias Retas y quedará formada la dicha planta por lecho como paareçe¹⁴⁷ entre los puntos **c d f i m n o** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto y las plantas por caras las sacarás desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara **L** tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **N** desde el punto **p** al punto **q** y con este tamaño pondrás la vna punta del compas en el punto **1** y con la otra tocarás en el plomo *que* baxo del arco **D** en el punto **2** despues tomarás el largo de la cara de la planta por lecho **I** desde el punto **f** al punto **i** y con este tamaño pondrás la vna punta del compas en el punto **3** y con la otra çircundarás el pedaço de çirculo en blanco **4** y tomarás el ancho de su bolsor desde el punto **5** al punto **6** y con este tamaño pondrás la vna punta del compas en el punto **2** y con la otra tocarás en el pedaço de çirculo **4** en el punto **7** y de vnos puntos a otros [174] tirarás sus linias Retas y quedará sacada la dicha planta por cara como parece entre los puntos **1 2 3 7** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto

Puerta de arco en biaxe contra capialçado biaxe por testa desquixado de arco

Para traçar esta dicha puerta de arco en biaxe contra capialçado biaxe por testa desquixado de arco le formarás la planta como parece entre los angulos **A** y asimismo formarás el arco **B** *que* sirbe de testa para el lado en biaxe de la planta **C** el arco en sgmento de çirculo **D** sirbe de testa del capialçado por el lado de la planta en biaxe **E** y la distançia *que* vbiere entre la çircunferençia del arco **B** y la linia **F** sera el batidero de las puertas y la distançia *que* vbiere entre las dos linias en blanco **G H** sera el batiente de la planta y para sacar las plantas por lechos de las pieças desta dicha puerta se an de sacar desbiando de los plomos *que* baxaron desde el arco **B** el alto *que* tubiere el batidero de las puertas y el capialço y testas del dicho capialçado y puerta tomados en sus xuntas y echados de quadrado cada cosa de por si como se hiço en la puerta quadrada de arco contra capialcado quadrado desquixado de arco a 171 planas deste libro como parece en la planta por lecho **I** *que* esta entre los angulos **1 2 3 4 5 6 7** *que* se saco para la [175] xunta **L** y las plantas por caras se an de sacar echando el largo de las caras de las plantas por lechos desde adonde [176] tocaron los plomos *que* baxaron de la linia **F** a tocar a la linia **H** y bayan a parar a los plomos *que* baxaron del arco **D** *que* tengan por las testas lo *que* tubieren de ancho sus bolsores en el dicho arco **D** como se hiço en la dicha puerta quadrada de arco contra capialcado quadrado¹⁴⁸ desquixado de arco como parece en la planta por cara **M** *que* esta entre los angulos **a b c d** *que* se saco para la pieça **N**

Capialçado quadrado desquixado de arco en toRe Redonda

Para traçar este dicho capialçado quadrado desquixado de arco en toRe Redonda le formarás la planta como parece entre los quatro angulos **A** y asimismo formarás el arco **B** *que* sirbe de testa para el lado Redondo de la planta **C** y formarás el arco estendido **D** el qual dicho arco estenderás con el alto *que* tubieren los plomos en el arco **B** y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en la çircunferencia **C** como se hiço en la quarta difinition de la primera parte figura **V** y para sacar las plantas por lechos de las pieças deste dicho capialçado las sacarás desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho **E** *que* se saco para la xunta **F** sacarás vna linia en blanco desde el punto **1** al punto **2** *que* tenga de largo lo *que* capialcare su xunta desde

¹⁴⁷ Error por *parece*.

¹⁴⁸ *q* con tilde.

punto 3 al punto 4 y haga angulo Reto con la linea 5 y al dicho punto 2 tiraras la cara de la dicha planta por lecho E desde el punto 6 despues pondras la vna punta del compas en el dicho punto 6 y con la otra tocaras en el punto 7 y [177] con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto 8 y con la otra tocaras en el punto 9 y tiniendo fixa la vna punta del compas en el dicho punto 9 abriras el dicho compas *que* baya con la otra punta a tocar el punto 10 y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el dicho punto 6 y con la otra circundaras el pedaço de çirculo en blanco 11 despues pondras la vna punta del compas en el punto 6 y con la otra tocaras en el punto 12 y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto 13 y con la otra tocaras en el punto 14 y tiniendo fixa la vna punta del compas en el punto 14 abriras el dicho compas *que* baya a tocar al punto 15 y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el dicho punto 6 y con la otra punta çircundaras el pedaço de çirculo en blanco 16 despues tomaras la mitad de su xunta en el arco estendido D desde el punt[o] 17 al punto 18 y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto 2 y con la otra tocaras en el pedaço de çirculo en blanco 11 en el punto 19 despues tomaras la otra mitad de su xunta desde el punto 18 al punto 20 y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto 19 y con la otra tocaras en el pedaço de çirculo en blanco 16 en el punto 21 y con vna çircunferençia estendida coxeras los dichos tres puntos 2 19 21 y esta dicha çircunferençia sera la testa de la dicha planta por lecho y quedara formada la dicha planta [178] por lecho como parece entre los angulos 2 21 22 23 6 y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto y las plantas por caras se an de sacar desta manera supongo *que* quieries sacar la planta¹⁴⁹ [179] por cara G tomaras el largo de la planta por lecho E desde el punto 2 al punto 6 y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto a y con la otra tocaras en el punto b despues pondras la vna punta del compas en el punto c y con la otra tocaras en el punto d y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto 14 y con la otra tocaras en el punto e y tiniendo fixa la vna punta del compas en el dicho punto e abriras el dicho compas *que* baya a tocar con la otra punta al punto f y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto c y con la otra çircundaras el pedaço de çirculo en blanco g despues tomaras el largo de la planta por lecho H desde el punto h al punto i y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto l y con la otra çircundaras el pedaço de çirculo en blanco m despues tomaras en el arco estendido D la mitad de su bolsor desde el punto n al punto o y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto b y con la otra tocaras en el pedaço de çirculo en blanco g en el punto p despues tomaras la otra mitad del bolsor desde el punto o al punto q y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto p y con la otra tocaras en el pedaço de çirculo en blanco m en el punto r y con vna çircunferençia estendida coxeras los dichos tres puntos b p r la qual dicha çircunferençia serbira de testa Redonda de la dicha planta por cara y desta manera quedara formada la dicha planta por cara como pareçe entre los angulos a b r l y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto [180]

Capialçado biaxe por testa desquixado de arco en toRe Redonda

Para traçar este dicho capialçado biaxe por testa desquixado [181] de arco en toRe Redonda le formaras la planta¹⁵⁰ como parece entre los quatro angulos A y asimismo formaras el arco B *que* sirbe de testa del dicho capialçado por el lado en biaxe de la planta C y formaras el arco estendido D el qual dicho arco estenderas con el alto *que* tubieren los plomos en el arco B y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en la çircunferençia C como se hiço en la quarta difinition de la primera parte figura V y para sacar las plantas por lechos de las pieças deste dicho capialçado las sacaras estendiendo las xuntas de las caras en la planta con las alturas de los plomos del arco como se hiço en el capialçado quadrado desquixado de arco en toRe Redonda a 176 planas deste libro como pareçe en la planta por lecho E *que* esta entre los angulos 1 2 3 4 5 *que* se saco para la xunta F y las plantas por caras se an de sacar con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsores del arco estendido D como se hico en el dicho capialçado quadrado

¹⁴⁹ Aquí aparece cortado *por ca*, inicio de la página anterior; es uno de los raros casos en que se corta lo escrito por el margen inferior.

¹⁵⁰ Mancha producida al traspasar el papel la tinta de la *plana* anterior; el texto la salta.

desquixado de arco en toRe Redonda como parece en la planta por cara *G* que esta entre los angulos *a b c d*¹⁵¹

Capialçado biaxe por cara desquixado de arco en toRe Redonda

Para traçar este dicho capialçado biaxe por cara desquixado de arco en toRe Redonda le formaras la planta como parece entre los quatro angulos *A* y asimismo formaras el arco *B* que sirbe de xuzgo para sacar el arco estendido *C* y este dicho arco sirbe de testa para el lado Redondo de la planta *D* el qual dicho arco *C* se a destender con el alto que tubieren los plomos en el arco *B* y con las distançias que vbiere de vnos plomos a otros en la çircunferençia [182] *D* como se hiço en la quarta difinition de la primera parte figura *V* y para sacar las plantas por lechos de las pieças deste dicho capialçado las sacaras estendiendo las xuntas de la planta con las alturas de los plomos del arco como se hiço en el capialçado quadrado [183] desquixado de arco en toRe Redonda a 176 planas deste libro como parece en la planta por lecho *E* que se saco para la xunta *F* y esta entre los numeros 1 2 3 4 5 y las plantas por caras se an de sacar con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsos del arco estendido *C* como se hico en el dicho capialçado quadrado desquixado de arco en toRe Redonda como parece en la planta por cara *G* que esta entre los angulos¹⁵² *a b c d*

Puerta en toRe cabada contra capialçado quadrado desquixado de arco en toRe Redonda

Para tracar esta dicha puerta en toRe cabada contra capialçado quadrado desquixado de arco en toRe Redonda le formaras la planta como parece entre los quatro angulos *A* y la distançia que vbiere entre las dos linias *B C* sirbe de dintel de la puerta para el lado cabado de la planta *D* y la distançia que vbiere entre las linias *B E* es el batidero de las puertas y la distançia que vbiere entre la linia *E* y la çircunferençia *F* es el capialço que a de tener el dicho capialçado y la distançia que vbiere entre las çircunferençias *F G* es el arco del dicho capialçado que sirbe de testa del lado de la planta Redondo¹⁵³ *H* y la distançia que vbiere entre las linias *I L* es el batiente de la planta para sacar las plantas por lechos de las pieças desta dicha puerta las sacaras estendiendoles las testas cabadas que miraren haçia la puerta con el¹⁵⁴ [184] xuzgo de los plomos que baxaren de los¹⁵⁵ cabos y mitad de las xuntas desde la linia *B* a la linia *C* y las testas que miraren haçia el capialçado las estenderas con el xuzgo de los plomos que baxaren de los cabos y mitad de las xuntas del arco entre las çircunferençias *F G* y las caras de las dichas plantas por lechos estenderas con los capialços que cavsare el dicho capialçado por las dichas xuntas como se hiço en [185] la puerta en toRe cabada contra capialçado en toRe Redonda a Regla a 136 planas deste libro como parece en la planta por¹⁵⁶ lecho *M* que esta entre los angulos 1 2 3 4 5 6 7 que se saco para la xunta *N* y las plantas por caras las sacaras desta manera supongo que quieres sacar la planta por cara *O* que se sa[co] para la pieça *P* tomaras el largo de la cara de la planta por lecho *Q* desde el punto 8 al punto 9 y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto *a* y con la otra tocaras en el punto *b* despues tomaras el largo de la cara de la planta por lecho *M* desde el punto 4 al punto 5 y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto *c* y con la otra çircundaras el pedaço de çirculo en blanco *d* despues tomaras el ancho de su bolsor desde el punto *e* al punto *f* y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto *b* y con la otra tocaras en el pedaço de çirculo en blanco *d* en el punto *g* y a este dicho punto *g* tiraras la testa de la dicha planta por cara desde el punto *b* con vna çircunferençia estendida la qual dicha çircunferençia se a destender desta manera tiraras

¹⁵¹ La última línea, *como parece en la planta por cara G que esta entre los angulos a b c d* está escrita en letra cursiva y más pequeña que el resto de la traza. Se diría que el copista escribió el título *Capialçado biaxe por cara desquixado de arco en toRe Redonda* antes que la traza precedente.

¹⁵² Error por *angulos*.

¹⁵³ Error por *Redonda*.

¹⁵⁴ Aparece cortado *xuz*, inicio de la plana siguiente; es uno de los raros casos en los que aparece cortado el borde inferior de la plana.

¹⁵⁵ Aparece tachado *xuntas* y rectificadas una *a* de *las* para dar *los*. Es decir, el copista, que no transcribe mecánicamente, se habría precipitado para escribir *los plomos que baxaren de las xuntas* en lugar de *los plomos que baxaren de los cabos y mitad de las xuntas* como diría el original, como si estuviese pensando en una pieza de testas rectas.

¹⁵⁶ Aparece tachado *cara*.

vna linia en blanco desde el punto **h** al punto **i** despues tiraras otra linia en blanco desde el punto **b** al punto **g** y lo *que* desbiare la dicha primera linia por su mitad *que* es por el punto **l** de la çircunferençia **H** eso a de desbiar la çircunferençia estendida de la testa de la segunda linia por su mitad *que* es el punto **m** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto como pareçe la dicha planta por cara **O** *que* esta entre los quatro angulos **a b c g**

Capialçado quadrado desquixado de arco en toRe cabada

[186] Para traçar este dicho capialçado quadrado desquixado de arco en toRe cabada le formaras la planta como pareçe entre los quatro angulos **A** y asimismo formaras el arco **B** *que* sirbe de xuzgo para sacar el arco estendido **C** y este dicho arco sirbe [187] de testa para el lado cabado de la planta **D** el qual dicho arco **C** se a de estender con el alto *que* tubieren los plomos en el arco **B** y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en la çircunferençia cabada **D** como se hiço en la quarta difinition de la primera parte figura **V** y para sacar las plantas por lechos de las pieças deste capialçado las sacaras estendiendo las xuntas de la planta con las alturas de los plomos del arco como se hiço en el capialçado quadrado desquixado de arco en toRe Redonda a 176 planas deste libro eçeto *que* la testa *que* alla es Redonda es es¹⁵⁷ aqui cabada como pareçe en la planta por lecho **E** *que* esta entre los angulos **1 2 3 4 5** *que* se saco para la xunta **F** y las plantas por caras se an de sacar con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsores del arco estendido **C** como se hiço en el dicho capialçado quadrado desquixado en toRe Redonda *que* bengan a quedar las testas¹⁵⁸ cabadas como pareçe la planta por cara **G** *que* esta entre los angulos **a b c d**

Capialçado biaxe por testa desquixado de arco en toRe cabada

Para traçar este dicho capialçado biaxe por testa desquixado de arco en toRe cabada le formaras la planta como pareçe entre los quatro angulos **A** y asimismo formaras el arco **B** *que* sirbe de xuzgo para sacar el arco estendido **C** el qual dicho arco **C** sirbe de testa para el lado cabado de la planta **D** y el dicho arco **C** se ha de estender con el alto *que* tubieren los plomos en el arco **B** y con las distançias *que* vbiere de vnos puntos a otros en la çircunferençia cabada **D** como se hiço en la quarta difinition de la primera parte figura **V** y para [188] sacar las plantas por lechos de las pieças deste dicho capialçado las sacaras estendiendo las xuntas de la planta con las alturas de los plomos del arco como se hiço en el capialçado quadrado desquixado de arco en toRe Redonda a 176 planas [189] deste libro *que* bengan a quedar las testas cabadas como pareçe en la planta por lecho **E** *que* esta entre los angulos **1 2 3 4 5** *que* se saco para la xunta **F** y las plantas por caras se an de sacar con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsores del arco estendido **C** como se hiço en el dicho capialçado quadrado de arco en toRe Redonda *que* bengan a quedar las testas cabadas como pareçe en la planta por cara **G** *que* esta entre los quatro angulos **a b c d**

Capialçado en biaxe por cara desquixado de arco en toRe cabada

Para traçar este dicho capialçado biaxe por cara desquixado de arco en toRe cabada le formaras la planta como pareçe entre los quatro angulos **A** y asimismo formaras el arco **B** *que* sirbe de xuzgo para sacar el arco estendido **C** este dicho arco sirbe de testa para el lado cabado de la planta **D** y el dicho arco **C** se a de destender con el alto *que* tubieren los plomos en el arco **B** y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en la çircunferençia cabada **D** como se hiço en la quarta difinition de la primera parte figura **V** y para sacar las plantas por lechos de las pieças deste dicho capialçado las sacaras estendiendo las xuntas de la planta con las alturas de los plomos del arco como se hiço en el capialçado quadrado desquixado de arco en toRe Redonda a 176 planas deste libro *que* bengan a quedar las testas cabadas como pareçe en la planta por lecho **E** *que* esta entre los angulos señalados con los numeros **1 2 3 4 5** *que* se saco para la xunta **F** y las plantas por caras se an de sacar con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los [190] bolsores del arco estendido **C** como se hiço en el dicho capialçado quadrado desquixado de arco en toRe Redonda *que* bengan a quedar las testas cabadas como pareçe en la planta por cara **G** *que* esta entre los quatro angulos **a b c d** [191]

¹⁵⁷ Repetición obvia.

¹⁵⁸ La *s* está intercalada.

Puerta en toRe Redonda contra capialçado quadrado desquixado de arco en toRe cabada

Para traçar esta dicha puerta en toRe Redonda contra capialçado quadrado desquixado de arco en toRe cabada le formarás la planta como parece entre los quatro angulos A y formarás el dintel de la puerta como parece entre las líneas B C *que* sirbe de testa para el lado Redondo de la planta D y la distançia *que* vbiere entre las líneas B E es batidero de las puertas y la distançia *que* vbiere entre la línea E y la çircunferençia F es el capialço *que* a de tener el dicho capialçado y la distançia *que* vbiere entre las çircunferençias F G es el arco del dicho capialçado *que* sirbe de tes[ta] para el lado cabado de la planta H y la distançia *que* vbiere entre las líneas I L es batiente de la dicha planta y para sacar las plantas por lechos de las pieças desta dicha puerta las sacarás estendiendoles las testas Redondas *que* sirben para el dintel de la puerta con el xuzgo de los plomos *que* baxaren de los cabos y mitades de las xuntas del dicho dintel desde la línea B a la línea C y las testas *que* miraren haçia el capialçado las estenderas con el xuçgo¹⁵⁹ de los plomos *que* baxaren de los cabos y mitades de las xuntas del dicho arco entre las çircunferençias F G y las caras las estenderas con los capialços *que* cavare el dicho capialçado por las dichas xuntas como se hiço en la puerta en toRe cabada contra capialçado en toRe Redonda a Regla a 136 planas deste libro como parece en la planta por lecho M *que* esta entre [192] los angulo[s] 1 2 3 4 5 6 7 *que* se saco para la línea de la xunta N y las plantas por caras las sacarás con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho *que* tubieren los bolsores en el arco estendiendo las testas por çircunferençia conquRiente como se hiço en la puerta en toRe cabada contra capialçado quadrado desquixado de arco en toRe Redonda a [193] 183 planas deste libro como parece en la planta por cara O *que* esta entre los quatro angulos a b c d *que* se saco para la pieça P

Capialçado quadrado en buelta de horno por testa

Para traçar este dicho capialçado quadrado en buelta de horno por testa le formarás la planta como parece entre los quatro angulos A y asimismo formarás el arco B *que* sirbe de testa para el lado de la planta en buelta de horno C y para sacar las pl[an]tas por lechos de las pieças deste dicho capialçado las sacarás desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho D tomarás lo *que* capialça su xunta desdel punto 1 al punto 2 y este tamaño echarás de quadrado desdel punto 3 al punto 4 *que* haga angulo Reto con la línea 5 despues tomarás el largo de su xunta en la planta desdel punto 6 al punto 7 y este tamaño echarás desdel punto 4 al punto 8 y desde este dicho punto 8 al punto 3 tirarás la cara de la dicha planta por lecho D despues tomarás el alto del quadrado de su bolsor *que* es la distançia *que* vbiere desdel punto 9 al punto 10 y este tamaño echarás¹⁶⁰ desdel punto 11 al punto 12 y lo *que* vbiere desdel dicho punto 12 al punto 3 en la dicha buelta de horno C sera la testa de la dicha planta por lecho y tirando su batiente y tardos quedara formada la dicha planta por lecho como parece entre los angulos 8 3 12 13 14 y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas de quadrado antes *que* se ayan [194] de Robar las pieças y las plantas por caras las sacarás desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara E tomarás el largo de la cara de la planta por lecho D desdel punto 3 al punto 8 y con este tamaño pondrás la vna punta del compas en el punto a y con la otra tocarás en el plomo *que* baxo de su xunta en el punto b y por este dicho punto b çircundarás la testa de la dicha planta por cara con el çintrel de la buelta de horno y baya galgada con la dicha bueta¹⁶¹ de horno C y tope [195] en los dos plomos *que* baxaren del quadrado de su bolsor *que* son los puntos c d y desta manera quedara formada la dicha planta por cara como parece entre los puntos c d e f y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas¹⁶² de quadrado antes *que* se Roben las pieças y para labrar las pieças deste dicho capialçado les labrarás primero las caras a Regla y borneo cortandolas de quadrado con la forma *que* tubieren sus plantas por caras y a los lechos les plantarás¹⁶³ sus plantas por lechos a cada pieça le plantarás por los dos lechos con la planta *que* se saco para el lecho mas baxo de la dicha pieça *que* bengan a quedar las testas en buelta de horno por todas partes con el ancho *que* tubieren las testas de las plantas por caras y con el alto *que* tubieren las testas de las plantas por lechos y con estos altos y anchos formarás sus quadrados estendidos y entrarás los bolsores en quadrado

¹⁵⁹ Corregido para dar *xuçgo* con la ç invertida.

¹⁶⁰ Aparece tachado *de quadrado*. Esto prueba de manera inequívoca tanto que el manuscrito del Servicio Histórico Militar es una copia como la atención del copista, pues la expresión es perfectamente correcta.

¹⁶¹ Error por *buelta*.

¹⁶² Aparece tachado *a lo*.

¹⁶³ *l* de *plantarás* intercalada.

segunda vez¹⁶⁴ conforme se hiço en la primera difinition desta segunda parte figura A y con los Robos *que* cavaren los dichos bolsos en los dichos quadrados Robaras las dichas pieças por las testas y pasaran los dichos Robos por las caras lechos y tardoses y desta manera quedaran labradas las dichas pieças por Robos

Capialçado biaxe por testa en buelta de horno por testa

Para traçar este dicho capialçado biaxe por testa en buelta de horno por testa le formaras la planta como parece entre los quatro angulos A y asimismo formaras el arco B *que* sirbe de xuzgo para formar el arco estendido C el qual dicho arco C se [196] a destender con el alto¹⁶⁵ *que* tubieren los plomos en el arco B y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en la [197] buelta de horno *que* sirbe para el lado de la planta D como se hiço en la quarta difinition de la primera parte figura V el qual dicho arco estendido C le entraras los bolsos en quadrado para aberlos de Robar como se hiço en la primera difinition desta segunda parte figura A y çircundaras la çircunferençia E con el çintrel de la buelta de horno D *que* sirbe para sacar las plantas por lechos para plantarlas de quadrado las quales dichas plantas por lechos las sacarás con el largo *que* tubieren las xuntas en la planta y con el alto de sus capialços echados en la çircunferençia E como se hiço en el capialçado quadrado en buelta de horno por testa a 193 planas deste libro como parece la planta por lecho F *que* esta entre los angulos 1 2 3 4 5 *que* se saco para la xunta G y las plantas por caras se an de sacar echando a cada vna el largo de la planta por lecho de su xunta mas baxa en su xunta galgando las testas con la buelta de horno D como se hiço en el dicho capialçado quadrado en buelta de horno por testa como parece en la planta por cara H *que* esta entre los angulos a b c d y las pieças deste dicho capialçado se an de labrar primero de quadrado con las plantas por lechos y por caras y despues se an de Robar con los Robos *que* cavaren los quadrados de los bolsos en el arco estendido C como se hiço en el dicho capialçado quadrado en buelta de horno por testa

Capialçado biaxe por cara en buelta de horno por testa

Para traçar este dicho capialçado biaxe por cara en buelta [198] de horno por testa le formaras la planta como parece entre los quatro angulos A y asimismo formaras el arco B [199] *que* sirbe de xuzgo para formar el arco estendido C el qual dicho arco C sirbe de testa para el lado en buelta de horno de la planta D y el dicho arco C se a destender con el alto *que* tubieren los plomos en el arco B y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a vtros en la çircunferençia de la buelta de horno D como se hiço en la quarta difinition de la primera parte figura V y a este dicho arco entraras los bolsos en quadrado para aberlos de Robar como se hiço en la primera difinition desta segunda parte figura A y las plantas por lechos las sacarás con el largo de las xuntas de la planta y con el alto de sus capialços echados en la buelta de horno D como se hiço en el capialçado quadrado en buelta de horno por testa a 193 planas deste libro como parece en la planta por lecho E *que* esta entre los angulos 1 2 3 4 5 *que* se saco para la xunta F y las plantas por caras las sacarás echando a cada vna el largo de la cara de la planta por lecho de la xunta mas baxa de la dicha pieça en su xunta galgando las testas con la buelta de horno D como se hiço en el dicho capialçado quadrado en buelta de horno por testa como parece en la planta por cara G *que* esta entre los angulos a b c d y las pieças deste dicho capialçado se an de labrar primero de quadrado con las plantas por lechos y por caras y despues se an de Robar con los Robos *que* cavaren los quadrados de los bolsos en el arco estendido C como se hiço en el dicho capialçado quadrado en buelta de horno por testa

Capialçado quadrado abançado por testa

[200] Para traçar este dicho capialçado quadrado abançado por testa le formaras la planta como parece entre los quatro angulos A y asimismo formaras el arco B *que* sirbe de testa para el lado abançado de la planta C y a este dicho arco B le entraras los bolsos en quadrado para aberles de Robar como se hiço en la primera difinition desta segunda parte figura A y la çircunferençia D es la buelta *que* a de tener la bobeda en *que* se a de haçer el dicho capialçado esta sirbe de xuzgo para sacar las plantas por lechos las quales dichas plantas por lechos [201] se an de sacar desta manera supongo *que* quierres sacar la planta por lecho E tomarás en la planta el largo de la xunta F desde el punto 1 al punto 2 y con este tamaño pondrás la vna punta del compas en el punto 3 y con la otra tocarás en el punto 4 y despues tomarás lo *que* capialça la dicha xunta desde

¹⁶⁴ Aparece tachado y con los Robos *que* causar.

¹⁶⁵ / intercalada.

punto 5 al punto 6 y este tamaño echaras en la buelta de la bobeda **D** desde el punto 3 al punto 7 y a este dicho punto 7 tirarás la cara de la dicha planta por lecho **E** desde el punto 4 despues tomaras el alto del quadrado de su bolsor desde el punto 8 al punto 9 y este tamaño echaras en la buelta de la bobeda **D** desde el punto 7 al punto 10 y de vnos puntos a otros tirarás sus líneas Retas y quedara formada la dicha planta por lecho como parece entre los angulos 4 7 10 11 12 y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas de quadrado antes *que* se Roben las pieças y las plantas por caras se an de sacar desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara **G** tomaras el largo de la planta por lecho **E** desde el punto 4 al punto 7 y con este tamaño pondras la vna punta del conpas en el punto **a** y con la otra tocaras en el punto **b** y por este dicho punto **b** tirarás la testa de la dicha planta por cara galgada con el lado de la planta **C** *que* baya a tocar a los dos plomos *que* baxaron del quadrado de su bolsor *que* son los puntos **c d** y de vnos puntos a otros tirarás sus líneas Retas y quedara formada la dicha planta por cara como parece entre los angulos **c d e f** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas de quadrado antes *que* se Roben las pieças y las pieças deste dicho capialçado se an de labrar primero [202] de quadrado con la forma *que* tubieren sus plantas por lechos y por caras y despues se an de Robar con los Robos *que* cavsaren los quadrados en los bolsores del arco **B**.

Capialçado biaxe por testa abançado por testa

Para traçar este dicho capialçado biaxe por testa y abançado por testa le formarás la planta como parece entre los quatro angulos **A** y asimismo formarás el arco **B** *que* sirbe de testa [203] para el lado en biaxe de la planta **C** y a este dicho arco **B** le entrarás los bolsores en quadrado para aberlos de Robar y la çircunferençia **D** es la buelta de la bobeda en *que* se a de haçer el dicho capialçado *que* sirbe de xuzgo para sacar las plantas por lechos las quales dichas plantas por lechos se an de sacar con el largo *que* tubieren las xuntas en la planta y con el alto de los capialços echados en la çircunferençia **D** como se hiço en el capialçado quadrado abançado por testa a 199 planas deste libro como parece la planta por lecho **E** *que* esta entre los angulos 10 7 4 11 12 *que* se saco para la xunta **F** y las plantas por caras se an de sacar¹⁶⁶ cada vna con el largo de la cara de la planta por lecho de su xunta mas baxa galgando las testas con el lado de la planta **C** como se hiço en el dicho capialçado quadrado abançado por testa como parece la planta por cara **G** *que* esta entre los angulos **a b c d**¹⁶⁷ despues de labradas las dichas pieças de quadrado con la forma *que* tubieren las plantas por lechos y por caras las Robaras con los Robos *que* cavsaren los quadrados de los bolsores del arco **B**

Capialçado biaxe por cara abançado por testa

Para traçar este dicho capialçado biaxe por cara abançado por testa le formarás la planta como parece entre los quatro angulos **A** y le formarás el arco **B** *que* sirbe de testa para el lado de la planta **C** y este dicho arco **B** le entrarás los bolsores en quadrado para aberlos de Robar y la çircunferençia **D** es la buelta de la bobeda en *que* se a de haçer [204] el dicho capialçado *que* sirbe de xuzgo para sacar las plantas por lechos las quales dichas plantas por lechos se an de sacar con el largo *que* tubieren las xuntas en la planta y con el alto de los capialços echados en la çircunferençia **D** como se hiço en el capialçado quadrado abançado por testa a 199 planas deste libro como parece en la planta por lecho **E** *que* esta entre los angulos 1 2 3 4 5 *que* se saco para la xunta **F** y las plantas por caras se a de sacar cada vna con el largo de la cara de la planta [205] por lecho de su xunta mas baxa galgando las testas con el lado las testas con el lado¹⁶⁸ de la planta **C** como se hiço en el dicho en el dicho¹⁶⁹ capialçado quadrado abançado por testa como parece en la planta por cara **G** *que* esta entre los angulos **a b c d** y primeramente se an de labrar las pieças deste dicho capialçado con la forma *que* tubieren sus dichas plantas por caras y por lechos y despues las Robaras con los Robos *que* cavsaren los quadrados de los bolsores del arco **B**

Capialçado por Rincon para vna puerta por esquina

Para traçar este dicho capialçado por Rincon le formarás la planta como parece entre los quatro angulos **A** y asimismo formarás el arco **B** *que* sirbe de xuzgo para sacar la çircunferençia estendida **C** la qual dicha

¹⁶⁶ Aparece repetido y tachado *se an de*.

¹⁶⁷ Aparece intercalado *como parece la planta por cara G que esta entre los angulos a b c d*.

¹⁶⁸ Repetido *las testas con el lado*.

¹⁶⁹ Repetido *en el dicho*.

çircunferençia se a destender con el alto *que* tubieren los plomos en el arco **B** y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en el lado de la planta **D** como se hiço en la [cuarta] difinition de la primera parte figura [13] y la dicha çircunferençia **C** sirbe de testa para el lado de la planta **D** y para sacar las plantas por lechos de las pieças deste dicho capialçado las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por¹⁷⁰ lecho **E** tyraras vna linia en blanco (**cruz**) desde el punto **1** al punto **2** *que* tenga de largo lo *que* capialçare su xunta desde el punto **1** al punto **3** y la dicha linia en blanco (**cruz**) a de haçer angulo Reto con la xunta de la planta **4** y al dicho punto **2** tiraras la cara de la dicha planta por lecho **E** desde el punto **5** despues pondras la vna punta del compas en el punto **5** y con la otra tocaras en el punto **6** y con [206] este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **7** y con la otra tocaras en el punto **8** y tiniendo fixa la vna punta del compas en el dicho punto **8** abriras el dicho compas *que* baya a tocar con la otra punta al punto **9** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **5** y con la otra çircundaras [207] el pedaço de çirculo en blanco **10** despues tomaras lo *que* tubiere su xunta en el arco **B** desde el punto **9** al punto **11** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **2** y con la otra tocaras en el pedaço de çirculo en blanco **10** en el punto **12** y a este dicho punto **12** tiraras la testa de la dicha planta por lecho desde el dicho punto **2** y de vnos puntos a otros tiraras sus linias Retas y quedara formada la dicha planta por lecho **E** como pareçe entre los angulos **5 2 12 13 14** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto y las plantas por caras se an de sacar desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por cara **F** tomaras el largo de la cara de la planta por lecho **E** desde el punto **2** al punto **5** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **a** y con la otra tocaras en el punto **b** despues tomaras el largo de la cara de la planta por lecho **G** desde el punto **c** al punto **d** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **e** y con la otra çircundaras el pedaço de çirculo en blanco **f** despues tomaras el ancho de su bolsor en la çircunferençia estendida **C** desde el punto **g** al punto **3** y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto **b** y con la otra tocaras en el pedaço de çirculo **f** en el punto **h** y a este dicho punto **h** tiraras la testa de la dicha planta por cara **F** desde el punto **b** y de vnos puntos a otros tiraras sus linias Retas y quedara formada la dicha planta por cara como pareçe entre los angulos **a b h e** y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto y ase de [208] albertir *que* la clabe deste dicho capialçado a de quedar despues de labrada por la mitad de la cara desde la mitad hacia la testa *que* haga canal y la otra mitad de haçia el batiente *que* haga arista

Puerta por esquina¹⁷¹ a Regla contra capialçado por Rincon de Arco

Para traçar esta dicha puerta por esquina a Regla contra capialçado por Rincon de arco le formarás la planta como pareçe entre los quatro angulos **A** y la distançia *que* vbiere entre las linias **B C** es el dintel de la dicha puerta *que* sirbe de testa para el lado de la planta **D** y la distançia *que* vbiere entre las linias **B E** es el batidero de las puertas y la distançia *que* vbiere entre la linia **E** y la çircunferençia **F** es lo que ha de capialçar el dicho capialçado y la distançia *que* vbiere entre las dos çircunferençias **F G** es el arco del dicho capialçado *que* sirbe de testa para el lado de la planta **H** y la distançia *que* vbiere en la planta entre las linias **D I** es el diente del dicho dintel y la distançia *que* vbiere entre las linias **I L** es el batiente del dicho capialçado y para sacar las plantas por lechos de las pieças desta dicha puerta las sacaras desta manera supongo *que* quieres sacar la planta por lecho **M** *que* sirbe para la xunta **N** tiraras vna linia en blanco desde el punto **1** al punto **2** *que* toque en el punto **3** *que* haga angulo Reto con el plomo **4** y tenga la dicha linia de largo desde el punto **1** al punto **2** lo *que* tubiere de largo su xunta en el dintel desde el punto **5** al punto **6** y al dicho punto **2** tiraras la testa de la dicha planta por lecho *que* sirbe para el dintel de la puerta desde el punto **7** despues tomaras en la dicha xunta [209] **N** la distançia *que* vbiere desde el punto **5** al punto **8** y este tamaño galgaras de quadrado en angulo Reto¹⁷² con el dicho plomo **4** y sacaras el batiente de la dicha planta por lecho desde el punto **9** al punto **10** despues tomaras en la dicha xunta **N** la distançia *que* vbiere desde el punto **5** al punto **11** y con este tamaño echaras una linia en blanco desde el punto **12** al punto **13** *que* toque en el punto **14** y haga angulo Reto con el plomo **4** y a el dicho punto **13** tiraras la cara de la cara¹⁷³ de la dicha planta por lecho **M** desde el punto **10** despues tomaras en la dicha xunta **N** la distançia *que* vbiere desde el punto **5** al

¹⁷⁰ Aparece tachado *cara*.

¹⁷¹ *i* de *esquina* interpolada.

¹⁷² *en angulo Reto* aparece intercalado.

¹⁷³ Repetición obvia.

punto 15 y con este tamaño echaras vna linia en blanco desdel punto 16 al punto 17 *que toque* en el punto 18 y haga angulo Reto con el dicho plom 4 y al dicho punto 17 tiraras la testa de la dicha planta por lecho *que* a de serbir para el arco del capialçado desdel punto 13 y de vnos puntos a otros tiraras sus linias Retas y quedara formada la dicha planta por lecho como pareçe entre los angulos 2 7 9 10 13 17 19 y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por lechos para plantarlas al xusto y las plantas por caras se an de sacar desta manera supongo *que* quieries sacar la planta por cara O tomaras el largo de la cara de la planta por lecho M desdel punto 10 al punto 13 y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto a y con la otra tocaras en el punto b despues tomaras el largo de la cara de la planta por lecho P desdel punto c al punto d y con este tamaño pondras la vna punta del compas en el punto e y con la otra çircundaras el pedaço de çirculo en blanco f despues tomaras el ancho de su bolsor en el arco estendido Q¹⁷⁴ desdel punto g al punto h y con este tamaño pondras la vna punta [210] del compas en el punto b y con la otra tocaras en el pedaço de çirculo en blanco f en el punto i y de vnos puntos a [211] otros tiraras sus linias Retas y quedara formada la dicha planta por cara O como pareçe entre los quatro angulos a b e i y desta manera se an de sacar todas las demas plantas por caras para plantarlas al xusto

Puerta por esquina de arco contra capialçado por Rincon de arco

Para traçar esta dicha puerta por esquina de arco contra capialçado por Rincon de arco le formaras la planta como pareçe entre los quatro angulos A y la distançia *que* vbiere entre las çircunferençias B C es el arco de la dicha puerta *que* sirbe de testa para el lado de la planta D y la distançia *que* vbiere entre la çircunferençia B y la linia E es el batidero de las puertas y la distançia *que* vbiere entre la linia E y la çircunferençia F es lo *que* a de capialçar el dicho capialcado y la distançia *que* vbiere entre las dos çircunferençias F C es el arco del dicho capialçado *que* sirbe de testa para el lado de la planta G y la distançia *que* vbiere en la planta entre las linias D H es el diente del arco de la puerta y la distançia *que* vbiere entre las linias H I es el batiente del dicho capialçado y para sacar las plantas por lechos de las pieças desta dicha puerta las sacaras desbiando de quadrado de los plomos *que* baxaren del arco B las distançias *que* vbiere de vnas linias a otras en las xuntas de la montea *que* hagan angulo Reto con los dichos plomos como se hiço en la puerta por esquina a Regla contra capialçado por Rincon de arco a 208 planas deste libro como pareçe en la planta por lecho L *que* esta entre los angulos 1 2 3 4 5 6 7 *que* se saco para la xunta M y las [212] plantas por caras las sacaras con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsores del arco estendido O [213] como se hiço en la dicha puerta por esquina a Regla contra capialçado por Rincon de arco como pareçe en la planta por cara N *que* esta entre los angulos a b c d

Puerta por esquina capialçada de arco contra capialçado por Rincon de arco

Para traçar la dicha puerta¹⁷⁵ por esquina capialçada contra capialçado por Rincon le formaras la planta como pareçe entre los angulos A y asimismo formaras el arco B *que* sirbe de testa para los dos lados de la planta C D y la linia E sirbe de diente de la dicha puerta *que* es la distançia *que* vbiere entre las linias F G y la distançia *que* vbiere entre las linias E H es el batidero de las puertas y para sacar las plantas por lechos de las pieças desta dicha puerta las sacaras desbiando de quadrado de los plomos *que* baxaren de la linia E las distançias *que* vbiere de unas linias a otras en las xuntas de la montea *que* hagan angulo Reto con los dichos plomos como se hiço en la puerta por esquina a Regla contra capialçado por Rincon de arco a 208 planas deste libro como pareçe en la planta por lecho I *que* esta entre los angulos 1 2 3 4 5 6 *que* se saco para la xunta L y las plantas por caras las sacaras las sacaras con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho de los bolsores de los arcos estendidos M N como se hiço en la dicha puerta por esquina a Regla contra capialçado por Rincon de arco como pareçe en la planta por cara O *que* sirbe para el capialçado por esquina y la planta por cara P *que* sirbe para el capialçado por Rincon como pareçen entre los angulos a b c d e f g h¹⁷⁶ [214]

¹⁷⁴ en el arco estendido Q aparece intercalado.

¹⁷⁵ Aparece interpolado çar la dicha puerta.

¹⁷⁶ Literalmente .a.b.c.d. .e.f.g.h., pero el hueco entre la d y la e no parece tener un significado especial.

Capialçado por esquina para una puerta por Rincon

Para traçar este dicho capialçado por esquina para una [215] puerta por Rincon le formaras la planta como pareçe entre los quatro angulos **A** y asimismo formaras el arco **B** *que* sirbe de testa para el lado de la planta **C** y las plantas por lechos deste dicho capialçado se an de sacar desta manera estenderas las xuntas de la planta can¹⁷⁷ las alturas [216] de los plomos del arco **B** como se hico en el capialcado por Rincon para una puerta por esquin[a] a planas deste libro como pareçe en la planta por lecho **D** *que*¹⁷⁸ esta entre los angulos 1 2 3 4 5 *que* se saco para la xunta **E** y las plantas por caras se an de sacar con el lado de las caras de las plantas por lechos y con el ancho *que* tubieren los bolsores en el arco estendido **F** como se hiço en el dicho capialçado por Rincon como pareçe en la planta por cara **G** *que* esta entre los angulos **a b c d**

Puerta por Rincon a Regla contra capialcado por esquina de arco

Para traçar esta dicha puerta por Rincon a Regla contra capialçado por esquina de arco le formaras la planta como pareçe entre los quatro angulos **A** y la distançia *que* vbiere entre las linias **B C** es el dintel de la dicha puerta *que* sirbe de testa para el lado de la planta **D** y la distancia *que* vbiere entre las linias **B E** es el batidero de las puertas y la distançia *que* vbiere entre la linia **E** y la çircunferençia **F** es lo *que* a de capialçar el dicho capialçado y la distançia *que* vbiere entre las çircunferençias **F G** es el arco del capialçado q[ue] sirbe de testa para el lado de la planta **H** y la distançia *que* vbiere en la planta entre las linias **D I** es el diente del dicho dintel *que* sirbe para la puerta y la distançia *que* vbiere entre las linias **I L** es el batiente del dicho capialçado y para [218] sacar las plantas por lechos de las pieças desta dicha puerta las sacaras desbiando de quadrado de los plomos *que* baxaren de la linia **B** las distançias *que* vbiere de vnas linias a otras en las xuntas del dintel *que* hagan angulo Reto con los dichos plomos los dichos des¹⁷⁹ desbios como se hiço en la puerta por esquina a Regla contra capialçado por Rincon de arco a 208 planas deste libro como pareçe en la planta por lecho **M** *que* esta entre los angulos 1 2 3 4 5 6 *que* se saco para la xunta **N** y las plantas por caras las sacaras con el largo de las caras de las plantas por lechos y con el ancho *que* tubieren los bolsores en el arco estendido **O** como se hiço en la dicha puerta por esquina a Regla contra capialçado por Rincon de arco como pareçe en la planta por cara **P** *que* esta entre los angulos **a b c d** [219]

¹⁷⁷ Error por *con*.

¹⁷⁸ La tilde de la *q* es casi imperceptible.

¹⁷⁹ Aparentemente el *des* responde a un lapsus.

TERÇERA PARTE

DE ÇERAMIENTOS I TRAÇAS DE MONTEA

POR XINES MARTINEZ DE ARANDA

ARCHICTECTO

Esta terçera parte es aplicada para subidas de caracoles y escaleras caracoles sen¹⁸⁰ todas qualesquiera figuras que en su distribuçion causaren a dar la buelta çircularmente y las pieças de los ceRamientos miraren a un çentro Escaleras son todas qualesquiera figuras que en su distribuçion causaren a dar la buelta de quadrado y dexaren fechas alguna manera de mesas y descansaderos sobre que se an de formar las bueltas como adelante se bera puestas por demostraçion de figuras

DIFINITIONES DESTA TERÇERA PARTE

Difinition primera muestra estender çircunferençias concuRientes llanas y en buelta de horno

Supongo que la çircunferençia llana que se a destender es la figura A tiraras una linia Reta desde el punto 1 al punto 2 [220] y beras lo que a de subir el estendimiento y a ese alto tiraras vna linia perpendicular desde el punto 2 al punto 3 y a este dicho punto 3 tiraras una linia concuRiente desdel punto 1 despues tomaras lo que desbia la çircunferençia A de la linia 4 por su mitad desdel punto 5 al punto 6 eso a de desbiar¹⁸¹ la çircunferençia B de la linia concuRiente 7 desdel punto 8 al punto 9 la qual dicha çircunferençia se a destender coxiendo los dos cabos de la dicha linia concuRiente y al cabo del dicho desbio que son los tres puntos 1 9 3 y desta manera quedara estendida la dicha çircunferençia llana

Supongo que la çircunferençia concuRiente que se a destender en buelta de horno es la figura señalada con la C y para estender esta dicha çircunferençia circundaras la buelta de horno que es la figura D que toque en los angulos 1 2 y esta dicha buelta de horno Repartiras en las partes que te pareciere desdel punto 1 al punto 2 supongo que sean ocho partes y con vna destas dichas ocho partes yras yras¹⁸² echando por la linia concuRiente 3 adelante otras ocho partes conformes desdel punto 1 al punto 4 despues tomaras el desbio que vbiere desdel punto 5 al punto 6 y este desbio echaras desdel punto 7 al punto 8 y con una [221] çircunferençia estendida coxeras los dos cabos de la linia concuRiente 3 y el cabo del dicho desbio que son los tres puntos 1 8 4 y desta manera quedara estendida la dicha çircunferençia en buelta de horno como pareçe la figura E

Difinition segunda muestra estender molduras concuRientes fuera de su quadrado

Para estender la dicha moldura concuRiente formarás de quadrado el molde F con la forma que a de tener la dicha moldura la qual dicha moldura tiraras haçia Riba como pareçe la figura G supongo que quierēs estender esta dicha moldura perpendicularmente por la linia H tomaras lo que le cabe a cada miembro de la dicha moldura por la dicha linia H y con estas alturas y los desbios que tubieren los dichos miembros en el dicho molde F formarás el molde estendido I y para estender la dicha moldura a nibel por la linia L tomaras lo que les cabe a los miembros de la dicha moldura por la dicha linia L y con estas alturas y los desbios que tubieren los dichos miembros en el dicho molde F fromarás¹⁸³ el molde estendido [222] M y si acaso esta dicha moldura fuere por dedentro de alguna caxa en çircunferençia y la quisierēs estender por la dicha linia

¹⁸⁰ Error por *son*.

¹⁸¹ Aparece *estender* tachado y corregido para dar *desbiar*.

¹⁸² Se trata de una repetición evidente.

¹⁸³ Error por *formarás*.

a nibel L tomaras lo *que* les cabe a los mienbros de la dicha moldura por la dicha linia L y con estas alturas y los desbios *que* tubieren los dichos mienbros en el dicho molde F formarás el molde estendido en çircunferençia N galgando los dichos desbios con la çircunferençia de la caxa O

Difinition tercera muestra sacar engavchidos por linia concuRiente

Supongo *que* la figura P es la planta por cara de la pieça v hilada *que* vbieres de engavchir tomaras el largo del lado grande de la dicha planta por cara desde el punto I al punto 2 y este tamaño echaras a nibel en la planta por lecho Q desde el punto 3 al punto 4 y beras lo *que* a de subir la dicha pieça y esta subida echaras perpendicularmente desde el punto [223] 4 al punto 5 y a este dicho punto 5 tirarás la cara de la dicha planta por lecho Q desde el punto 3 y con esta dicha cara galgarás la dicha planta por lecho como parece entre los puntos 3 5 6 7 despues tomaras el largo del lado pequeño de la dicha planta por cara desde el punto 8 al punto 9 y este tamaño echaras a nibel en la planta por lecho R desde el punto 10 al punto 11 y tomaras la subida *que* vbiera en la planta por lecho Q desde el punto 4 al punto 5 y este tamaño echaras desde el punto 11 al punto 12 y a este dicho punto 12 tirarás la cara de la dicha planta por lecho R desde el punto 10 y con esta dicha cara galgarás la dicha planta por lecho como parece entre los puntos 10 12 13 14 y Robada la dicha pieça de quadrado con los Robos *que* parecen en las caras y tardoses de las plantas por lechos quedará la dicha pieça engavchida como parece en la figura S y desta manera se an de engavchir las hiladas *que* subieren por linia concuRiente avn*que* sean en çircunferençia.

Difinition quarta muestra entrar en quadrado y Robar qualquiera manera de despieço que se hiciere en un paso de caracol v escalera en plano o en çircunferencia

Supongo *que* la figura T es planta por cara del dicho paso plano y lo quieres despeçar por la linia a tomaras el largo del dicho despieço desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño echaras en el quadrado V desde el punto 3 al punto 4 y desde el punto 5 al punto 6 despues tomaras en la planta por cara la distançia *que* vbiera desde el punto 2 al punto 7 y con este tamaño echaras la tirantez de los lechos desde el punto 3 al punto 8 y desde el punto 6 al punto 9 de manera *que* le viene a quedar de huella al dicho paso la distançia *que* vbiera desde el punto 9 al punto 5 y tendrá de alto el dicho paso¹⁸⁴ la distançia *que* vbiera desde el punto 5 al punto 10 y despues se a de Robar este dicho quadrado por el lecho baxo con el Robo *que* parece entre los angulos 3 8 10 y se a de Robar por el diente baxo *que* capialça con el Robo *que* parece entre los angulos 4 8 11 y por el lecho alto se a de Robar con el Robo *que* parece entre los angulos 6 9 11 y a se de albertir *que* los Robos de los lechos no an de ser mas grandes ni pequeños de lo *que* aora son an*que* se despieçe por otra parte y lo *que* es el hullo y Robo [225] del diente del capialço esos an de engrandar o achicar conforme al lugar por donde se despeçare.

Supongo *que* la figura X es la planta por cara del paso en çircunferençia a esta dicha planta por cara les sacarás sus plantas por lechos como parece en la planta por lecho Y *que* sirbe para el lado alto de la dicha planta por cara desde el punto 1 al punto 2 y la planta por lecho Z sirbe para el lado baxo de la dicha planta por cara desde el punto 3 al punto 4 y estas dichas plantas por lechos an de subir todas las çircunferençias a vn altura coxiendo los puntontos¹⁸⁵ de los cabos y las dichas subidas con las dichas çircunferençias supongo *que* quieres despeçar el dicho paso por el despieço b tomaras en la planta por cara el huella del dicho paso *que* es la distançia *que* vbiera desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño echaras en la figura (cruz) desde el punto 7 al punto 8 y desde el punto 9 al punto 10 despues tomaras en la dicha planta por cara la distançia *que* vbiera desde el punto 6 al punto 11 y este tamaño echaras desde el punto 10 al punto 12 y desde el punto 13 al punto 14 despues tomaras en la dicha planta por cara la distançia *que* vbiera desde el punto 11 al punto 15 y este tamaño echaras desde el punto 8 al punto 16 y desde el punto 17 al punto 18 y a de tener de alto el dicho paso desde el punto 7 al punto 17 lo *que* tubiere de alto la planta por lecho Z por el dicho despieço desde el punto 19 al punto 20 y a de tener de alto el dicho quadrado desde el punto 18 al punto 12 lo *que* vbiera de alto en el dicho [226] despieço desde el punto 20 al punto 21 y a de tener de alto el dicho quadrado desde el punto 9 al punto 13 lo *que* tubiere de alto el dicho despieço en la planta por lecho Y desde el punto 22 al punto 23 y a de tener de alto el dicho quadrado desde el punto 14 al punto 16 lo *que* tubiere de alto el dicho despieço desde el punto 23 al punto 24 y desta manera se an de sacar todos los

¹⁸⁴ Aparece tachado *desde*.

¹⁸⁵ Sic; obviamente *puntos*.

despieços por dondequiera *que* se despeçaren guardando los anchos con las distançias *que* pidiere el despieço en la planta por cara y los altos con las distançias *que* pidiere el dicho despieço en las dichas plantas por lechos como pareçe en el dicho quadrado (*cruz*) *que* esta entre los angulos 7 8 9 10 12 13 14 16 17 18 y ase de Rebaxar¹⁸⁶ el dicho paso¹⁸⁷ por el lecho baxo lo *que* vbiere en la dicha planta por lecho Z entre la linia c y la çircunferençia d y se a de Rebaxar el dicho paso por el lecho alto lo *que* vbiere en la planta por lecho Y entre la çircunferençia e y la linia f y por el diente baxo se a de Robar con el Robo *que* pareçe en el quadrado¹⁸⁸ del despieço entre los 9 10 13 y con los Robos *que* cavsaren los demas despieços *que* se sacaren para el dicho paso[227]

Caracol de husillo

Para traçar este dicho caracol de husillo le formaras la planta çircular como pareçe en la çircunferençia A esta sirbe de caxa para el dicho caracol por la parte de adentro y asimismo formaras el macho del dicho husillo como pareçe en la figura B y esta dicha caxa A Repartiras en doçe pasos lo quales tiraras al çentro del dicho macho y cada vno destos dichos pasos a de tener vna quarta de alto de manera *que* bendra a tener de cuello la subida en toda vna buelta tres baras de medir con el grueso de vnos pasos y a vno destos dichos pasos añadiras la mitad del grueso del dicho macho y formaras la planta por cara como pareçe la figura C *que* esta entre los angulos 1 2 3 4 y con esta dicha planta labraras primero los pasos de quadrado *que* tengan vna quarta de alto como aRiba es dicho y despues lo Robaras por lo baxo con el Robo *que* pareçe entre los puntos 2 5 6 *que* baya a morir el dicho Robo en punta a el lecho alto y a de quedar de lecho y a de quedar del lecho¹⁸⁹ para el dicho paso por la parte baxa lo *que* vbiere entre las dos linias 7 8 *que* es lo *que* asienta el paso alto sobre el baxo de quadrado y a de quedar de huello en el dicho paso por la parte de aRiba la distançia *que* vbiere entre las linias 8 9 y a de quedar de lecho por la parte de aRiba lo *que* vbiere entre las linias 9 10 de manera *que* qualquiera destos lechos¹⁹⁰ alto y baxo del dicho paso an de tener de ancho la mitad de lo *que* tubiere de grueso el dicho¹⁹¹ macho B y si este dicho caracol a de llebar pasamano por la çircunferençia de la caxa A le formaras la moldura [228] *que* vbiere de llebar como pareçe en la figura D y la subiras en linia concuRiente con el altura *que* cavsaren los pasos como pareçe en la figura E y esta dicha moldura estenderas asi por las xuntas de las pieças como de los lechos como se hiço en la segunda difinition desta terçera parte [229] figuras I N y la çercha con *que* se a de labrar esta dicha moldura se a destender por çircunferençia concuRiente como se hiço en la primera difinition desta terçera parte figura B como pareçe en la çircunferençia estendida F *que* se estendio de la linia G

Caracol de husillo de dos subidas

Para traçar este dicho caracol de husillo de dos subidas le formaras la planta çircular como pareçe la çircunferençia A la qual dicha çircunferençia sirbe de caxa para la parte de adentro del del dicho caracol y esta dicha caxa Repartiras en los pasos *que* te pareçiere supongo *que* se Repartio en deçiocho pasos y cada paso a de tener vna terçia de alto de manera *que* dando los dichos deçiocho pasos vna buelta bienen a ganar dos subidas *que* son seys baras de medir de alto *que* le caben tres baras a cada subida con el grueso de sus pasos y a estos dichos pasos añadiras la mitad del grueso del macho y sacaras las plantas por caras B C para plantarlas de quadrado antes *que* se aya de Robar las quales dichas plantas se an de sacar cada vna de por si conforme se saco la planta por cara en el caracol de husillo a 227 planas deste libro eçeto *que* no an de llebar estas dichas plantas mas de la mitad del macho cada vna como pareçe por la linia *que* dibide el dicho macho señalada con la D y los dichos pasos se an de Robar con los Robos *que* tubieren las dichas plantas *que* queden los huellos y lechos altos y baxos de quadrado conforme se hiço en el dicho caracol de husillo [230] y a se de albertir *que* aunque se a dado declaraçion de dos plantas bastara *que* se labren los dichos pasos con vna porque entramas tienen vna Raçon por *que* no sirbe sacar dos plantas mas de por *que* se bea como an de yr puestos los pasos vno contra otro en cada hilada.

¹⁸⁶ *Robar* corregido para dar *rebaxar*; *ar* de *rebaxar* intercalado.

¹⁸⁷ Aparece *quadrado* trazado y corregido para dar *paso*.

¹⁸⁸ q con tilde.

¹⁸⁹ Repetición obvia.

¹⁹⁰ Escrito *lichos* y corregido para dar *lechos*.

¹⁹¹ Aparece tachado *paso*.

Caracol en buelta que diçen bia de san xil de bobeda concuRiente alRededor de vn macho redondo de hildadas concuRientes

[231] Para traçar este dicho caracol en buelta de bobeda concuRiente alRededor de vn macho Redondo le formaras la planta como pareçe entre las çircunferençias **A B** la çircunferençia **A** es el macho sobre *que* carga la dicha bobeda y la çircunferençia **B** es la pared o caxa sobre *que* carga la dicha bobeda y asimismo formaras el arco **C** sirbe para la çircunferençia de la bobeda y a este dicho arco le entraras los bolsos en quadrado para aberlos de Robar y les¹⁹² baxaras los plomos de quadrado *que* toquen en el diamitro **D** y estos dichos plomos çircundaras la planta adelante desde el çentro del dicho macho para sacar las plantas por caras supongo *que* quieres labrar vna pieça conforme a la planta por cara *que* esta entre los quatro angulos **1 2 3 4** y a esta dicha planta por cara le sacaras sus plantas por lechos como se hiço en la terçera difinition desta terçera parte figuras **Q R** como pareçe la planta por lecho **E** *que* se saco para el lado cabado **F** de la dicha planta por cara desde el punto **1** al punto **3** y la planta por lecho **G** se saco para el lado Redondo¹⁹³ **H** de la dicha planta por cara desde el punto **2** al punto **4** y an de quedar las testas de las dichas plantas por lechos fuera de la subida del caracol con el alto *que* tubiere el quadrado de su bolsor **I** y para labrar esta dicha pieça la labraras primero de quadrado con la forma *que* tubiere la dicha planta por cara y con el ancho y alto *que* tubiere la dicha planta por cara y con el ancho y alto *que* tubieren los quadrados de las dichas plantas por lechos *que* estan entre los angulos **5 6 7 8 9 10 11 12** y despues de labrada la dicha pieça de quadrado con la forma aRiba dicha la Robaras primera bez por lo alto y por lo baxo con los Robos *que* cavare la [233] subida del dicho caracol *que* quede la dicha pieça engavchida como se hiço en la dicha terçera difinition desta terçera parte figura **S** *que* benga a quedar por las xuntas alta y baxa con el ancho y alto *que* tubiere el quadrado de su bolsor *que* es la figura **I** y despues la Robaras segunda bez por la cara lechos y tardos con los Robos *que* cavare su bolsor en el dicho quadrado¹⁹⁴ **I** Robandole por la cara baxa con la çercha estendida **L** *que* se estendio con el alto *que* le cupiere de la subida del caracol y con el largo de la çircunferençia **b** y la Robaras por el tardos con la çercha estendida **M** *que* se estendio¹⁹⁵ con el alto *que* le cupiere de la subida del dicho caracol y con el largo de la çircunferençia **a** las quales dichas çerchas se an de estender por çircunferençia concuRiente como se hico en la primera difinition desta terçera parte figura **B** y desta manera se an de labrar y Robar todas las demas pieças deste dicho caracol

Caracol en buelta en çircunferençia de hiladas atrabesadas alRededor de vn macho Redondo

Para traçar este dicho caracol en buelta en çircunferençia de hiladas atrabesadas alRededor de vn macho Redondo le formaras la planta como pareçe entre las dos çircunferençias **A B** la çircunferençia **A** es el macho del dicho caracol sobre *que* carga el dicho çeRamiento y la çircunferençia **B** es la pared v caxa del dicho caracol sobre *que* carga el dicho çeRamiento el arco **C** es la çircunferençia *que* a de tener el dicho çeRamiento y beras en quantos pasos quisieres Repartir la subida deste dicho caracol supongo *que* vno de las dichos pasos es la[235] distançia *que* vbiere en la planta por cara **D** entre las linias **1 2** y a esta dicha planta por cara le sacaras sus plantas por lechos como se hiço en la quarta difinition desta terçera parte figuras **Y Z** como pareçe la planta por lecho **E** q[ue] se saco para el lado de la planta por cara **3** y la planta por lecho **F** se saco para el lado de la planta por cara **1** y la çircunferençia destas dichas plantas por lechos an de tener la subida *que* tubiere la çircunferençia **C** y si estas dichas hiladas atrabesadas quisieres despeçar las despeçaras unas en çinco pieças y otras en tres supongo *que* este paso se despeço en tres pieças como pareçe en los despieços **G** y los extremos destes dichos despieços pasaras por la planta por cara y por las plantas por lechos como pareçe en los despieços señalados con los numeros **4 5 6 7** y a estos dichos despieços sacaras sus quadrados para aberlos de Robar conforme se hiço en la dicha quarta difinition desta terçera parte figura (**cruz**) el quadrado **H** se saco para Robar la pieça por la çircunferençia de la caxa **B** y el quadrado **I** se saco para el despieço **4** y el quadrado **L** se saco para el despieço **5** y el quadrado **M** se saco para el despieço **6** y el quadrado **N** se saco para el despieço **7** y el quadrado **O** se saco para Robar la pieça por la çircunferençia del macho **A** y para labrar las pieças desta dicha hilada las labraras desta manera supongo *que* quieres labrar la clabe la labraras primero de quadrado con la forma *que* tubiere la planta por cara entre los quatro angulos

¹⁹² s intercalada.

¹⁹³ Redondo intercalado.

¹⁹⁴ q con tilde.

¹⁹⁵ que se estendio intercalado.

a b c d *que quede* por los lechos con la forma *que* tubieren entre los angulos e f g h y benga a *quedar* por cada xunta con la forma *que* tubiere el quadrado *que* se saco para aquel despieço y la Robaras con los Rebaxos y Robos *que* tubieren los dichos quadrados [236] y despues Robaras las tiranteçes de las dichas xuntas como pareçe en las linias 8 9 y desta manera se an de yr labrando todas las pieças *que* le cupieren a cada hilada¹⁹⁶ de un paso *que* qada¹⁹⁷ pieça alcance a toda la tirantez de los dos despieços para *que* se pueda despues de labrada Robar la dicha tirantez

Caracol en buelta con su ceRamiento plano a Regla de hiladas concuRientes alRededor de vn macho Redondo

Para traçar este dicho caracol en buelta con el çeRamiento plano a Regla de hiladas concuRientes alRededor de vn macho Redondo le formaras la planta como pareçe entre las çircunferençias A B la çircunferençia A es el macho del dicho caracol sobre *que* carga el dicho çeRamiento plano y la çircunferençia B es la pared *que* sirbe de caxa sobre *que* carga el dicho çeRamiento plano y asimismo formaras el dintel *que* a de llebar de grueso el dicho çeRamiento y lo Repartiras en las hiladas *que* te pareçiere y les tiraras sus tiranteçes y las entraras en quadrado para aberlas de Robar como pareçe en el dintel *que* esta entre las linias C D y los plomos destos dichos quadrados çircundaras por la planta desdel çentro del dicho macho y sacarás las plantas por caras para plantarlas de quadrado antes *que* se ayan de Robar como pareçe en la dicha traça supongo *que* quierres labrar vna pieça conforme a la planta por cara *que* esta entre los angulos 1 2 3 4 y a esta dicha planta por cara le sacarás sus plantas por lechos como se hiço en la terçera difinition desta terçera parte figuras Q R como [237] pareçe en la planta por lecho E *que* se saco para el lado cabado de la planta por cara F desdel punto 1 al punto 3 y la planta por lecho G se saco para el lado Redondo de la dicha planta por cara H desdel punto 2 al punto 4 y an de *quedar* las testas destas dichas plantas por lechos fuera de la subida *que* les cabe del caracol con el alto *que* tubiere el quadrado de su bolsor desdel punto 5 al punto 6 y para labrar esta dicha pieça la labrarás primero de quadrado con la forma *que* tubiere la dicha planta por cara entre los angulos 1 2 3 4 y con el ancho y alto *que* tubieren los quadrados de las dichas plantas por lechos entre los angulos 7 8 9 10 y despues de labrada la dicha pieça de quadrado con la forma aRiba dicha la Robaras primera bez por lo alto y por lo baxo con los Robos *que* cavsare la subida del dicho caracol *que* benga a *quedar* la dicha pieça despues de Robada con la forma *que* tubieren las dichas plantas por lechos entre los angulos 8 10 11 12 y a de *quedar* la dicha pieça por las xuntas alta y baxa con el ancho y alto *que* tubiere el quadrado de su bolsor entre los angulos 5 6 13 14 *que* benga a *quedar* la dicha pieça engavchida como se hiço en la dicha terçera difinition desta terçera parte figura S y despues la Robaras segunda bez con los Robos¹⁹⁸ *que* cavsaren las tirantezes de su bolsor en el quadrado *que* esta entre los angulos 5 6 13 14 y el Robo de la cara lo Robaras con la çercha estendida I *que* se estendio con el alto *que* le cupiere de la subida del caracol y con el largo de la çircunferençia L *que* esta entre los puntos 15 16 y por el tardos se a de Robar con la cercha estendida M *que* se estendio con el alto *que* le cupiere de la subida del dicho caracol y con el largo de la çircunferençia N¹⁹⁹ desdel punto 17 al punto 18 las quales [238] dichas cerchas se an de estender por çircunferençia concuRiente como se hiço en la primera difinition desta terçera parte figura B y desta manera se an de labrar y Robar todas las demas pieças deste dicho caracol [239]

Caracol en buelta con su ceRamiento plano a Regla de hiladas atrabesadas alRededor de vn macho Redondo

Para traçar este dicho caracol en buelta con su ceRamiento plano a Regla alRededor de vn macho Redondo de hiladas atrabesadas le formaras la planta como pareçe entre las çircunferençias A B la çircunferençia A es macho del dicho caracol y la çircunferençia B es la pared *que* sirbe de caxa del dicho caracol y asimismo formaras el grueso v alto *que* a de tener cada paso v hilada atrabesada como pareçe entre las linias C D y beras en quantos pasos quisieres Repartir la subida de vna buelta del dicho caracol a vno de los dichos pasos le sacarás su planta por cara para plantarla por quadrado antes *que* se aya de Robar como pareçe la planta

¹⁹⁶ *lada* intercalado.

¹⁹⁷ Aparece *quede* corregido para dar *cada*.

¹⁹⁸ Aparece *las* modificado para dar *los* y *tiranteçes* tachado.

¹⁹⁹ N intercalada.

por cara E *que* esta entre los quatro angulos 1 2 3 4 y a esta dicha planta por cara le sacaras sus plantas por lechos como parece la planta por lecho F *que* se saco pa *que* se saco para²⁰⁰ el lado de la planta por cara 5 desde el punto 1 al punto 2 y la planta por lecho G se saco para el lado de la planta por cara 6 desde el punto 3 al punto 4 y an de tener estas dichas plantas por lechos de alto lo *que* tubiere de grueso el paso entre las linias C D y si a estos dichos pasos atrabesados quisieres despeçar los despeçaras en çinco y en tres pieças como²⁰¹ parece en las tiranteçes H y los extremos destas dichas tiranteçes pasaras por la dicha planta por cara y plantas por lechos como parece en los despieços 7 8 9 10 y a estos dichos despieços les sacaras sus quadrados para aberlos de Robar como se hiço en la quarta difinition desta tercera parte figura [240] V el quadrado I se saco para Robar la pieça por la çircunferençia de la caxa B y el quadrado L se saco para el despieço 7 y el quadrado M se saco para el despieço 8 y el quadrado N se saco para el despieço 9 y el quadrado [241] O se saco para el despieço 10 y el quadrado P se saco para Robar la pieça por la çircunferençia del macho A y para labrar las pieças deste dicho paso las labraras desta manera supongo *que* quieres labrar la primera pieça de haçia la pared la labraras primero de quadrado con la forma *que* tubiere la planta por cara entre los quatro angulos 2 4 11 12 y por los lechos con la forma *que* tubieren las plantas por lechos entre los angulos 13 14 15 16 que benga a quedar por la xunta que alcança al despieço 8 con la forma *que* tubiere el quadrado M y despues de labrada por quadrado la Robaras por la dicha xunta 8 con los Robos *que* tubiere el dicho quadrado M y por la çircunferençia de la caxa la Robaras con los Robos *que* tubiere el quadrado I y el Robo del capialço baxo *que* esta en los quadrados I M entre los puntos 17 18 19 no a de pasar de la çircunferençia de la caxa B y los Robos de la tirantez de los lechos alto y baxo a de pasar por la pared y por el macho en la pieça *que* le cupiere y despues de labrada y Robada la dicha pieça como aRiba es dicho se a de Robar por la xunta entre los dos despieços como parece en la linia de la tirantez 20 y desta manera se an de yr labrando todas las pieças *que* le cupieren a cada paso *que* cada pieça alcançe a toda la tirantez de los dos despieços y si las pieças alcançaren a toda la planta del paso no sera menester despeçarla ni sacar mas de los dos quadrados I P *que* es el de la caxa y el macho.

Caracol en buelta con su ceRamiento plano a Regla de hiladas atrabesadas alRededor de vn macho Redondo de dos subidas

Para traçar este dicho caracol en buelta de dos subidas le formaras la planta como parece entre las çircunferençias A [242] B la çircunferençia A es el macho del dicho caracol y la çircunferençia B es la pared *que* sirbe de caxa del dicho caracol y beras an quantos pasos quisieres Repartir la buelta del dicho caracol supongo *que* Repartio en beyntyvn pasos *que* cada paso tenga vna tercia de alto de manera *que* dando los dichos beyntyvn pasos vna buelta biene a ganar dos subidas *que* cada subida tiene de alto tres baras y media de medir con el grueso de sus pasos y con el ancho *que* tubiere vno destos dichos pasos y la tirantez de los lechos formaras las dos plantas por caras para plantarlas de quadrado antes *que* [243] se ayan de Robar como parece las figuras C D y a estas dichas plantas por caras le sacaras sus plantas por lechos y los quadrados de las çircunferençias A B para abellas de robar y si llebaren despieços ni mas ni menos y Robaras las pieças conforme se hiço en el caracol en buelta de hiladas atrabesadas a 239 planas deste libro y a se de albertir *que* aunque ai demostraçion de dos plantas por caras bastara *que* se labren los pasos con vna porque entramas tienen vna Raçon *que* no sirbe mas de para *que* se bea como an de yr puestos los dos pasos vno contra otro en cada hilada

Caracol Esento alRededor de vn macho Redondo capialçado en çircunferençia

Para traçar este dicho caracol esento alRededor de vn macho Redondo capialçado en çircunferençia le formaras la planta como parece entre las çircunferençias A B la çircunferençia A es el macho del dicho caracol y la çircunferençia B es la testa *que* lleban los pasos del dicho caracol por la parte de afuera y beras en quantos pasos quisieres Repartir la subida de vna buelta *que* a de dar el dicho caracol y en vno destos dichos pasos con la tirantez *que* a de tener vn lecho formaras la planta por cara C como parece entre los quatro angulos 1 2 3 4 y a esta dicha planta por cara le sacaras sus plantas por lechos en forma de media çircunferençia arbotante como parecen las plantas por lechos D E la planta por lecho D es para el lado de la planta por cara 5 desde el punto 1 al punto 2 y la planta por lecho E se saco para el lado de la planta por

²⁰⁰ Repetición obvia.

²⁰¹ Garabato sin sentido aparente.

car[a] 6 desde el punto 3 al punto 4 y a estas dichas plantas por lechos les sacaras sus quadrados para berlas de Robar [244] por la testa y por el macho como parecen los quadrados F G el cual dicho paso se a de labrar primero de quadrado con la forma *que* tubieren su planta por cara y plantas por lechos y despues se a de Robar por la testa con los Robos *que* tubiere el [245] quadrado F y por el macho se a de Robar con los Robos *que* tubiere el quadrado G y el Robo del capialço baxo *que* esta entre los angulos 7 8 9 no a de pasar mas *que* desde la testa a la çircunferençia del macho y los Robos de la tirantez de los lechos alto y baxo an de pasar por toda la pieça entrando en el dicho macho y de esta manera se an de yr labrando y Robando todos los demas pasos *que* tubiere el dicho caracol

Caracol Esento alRededor de vn macho Redondo capialçado en çircunferençia de dos subidas

Para traçar este dicho caracol esento alRededor de vn macho Redondo capialçado en çircunferençia de dos subidas le formaras la planta como parece entre las çircunferençias A B la çircunferençia A es el macho del dicho caracol²⁰² y la çircunferençia B es la testa *que* lleban los pasos del dicho caracol por la parte de afuera y este dicho caracol Repartiras en beyntidos pasos *que* quada paso tenga vna terçia de alto de manera *que* dando los dichos beyntidos pasos vna buelta bien a ganar dos subidas y con el ancho *que* tubiere vno destos dichos pasos y con la tirantez de los lechos formaras las dos plantas por caras para plantarlas de quadrado antes *que* se ayan de Robar co como²⁰³ parece en las figuras C D y a estas dichas plantas por caras les sacaras sus plantas por lechos y los quadrados de las çircunferençias A B para aberlas de Robar como se hiço en el caracol esento alRededor de vn macho Redondo capialçado en çircunferençia a 243 planas deste libro y ase de albertir *que* avnque ay demostraçion de dos plantas por caras bastara *que* se labren los pasos con vna porque entramas tienen vna Raçon *que* no [246] sirbe mas de para *que* se bea como an de yr puestos los dos pasos vno contra otro en cada hilada

Caracol de oxo que diçen de mallorca

Para traçar este dicho caracol de oxo le formaras la²⁰⁴ planta como parece entre las çircunferençias A B la çircunferençia A es el oxo del dicho caracol y la çircunferençia B es la pared *que* sirbe de caxa del dicho caracol y beras en cuantos pasos quisieres²⁰⁵ [247] Repartir la buelta del dicho caracol supongo *que* se repartio en doce pasos y cada vno a de tener vna quarta de alto de manera *que* bendra a tener de alto la subida en toda vna buelta tres baras de medir con el grueso de vnos pasos y en vno de estos dichos pasos formaras la planta por cara como parece en la figura C *que* esta entre los angulos 1 2 3 4 y con esta dicha planta por cara labraras primero los pasos de cuadrado *que* tengan vna quarta de alto como aRiba es dicho y despues los Robaras por lo baxo con el Robo *que* parece entre las linias 5 6 y por la moldira del oxo la Robaras con el Robo *que* parece entre las çircunferençias 1 7 *que* baya a morir el dicho Robo a el lecho alto del dicho paso a la linia 6 y a la çircunferençia 1 y en la dicha moldura del oxo le Robaras por la parte alta el Robo *que* parece entre las çircunferençias 4 8 y a de quedar de quadrado para lecho por la parte baxa del dicho paso la distançia *que* vbiere entre las linias 5 9 *que* es lo *que* asienta de quadrado el paso alto sobre el baxo y a de quedar de huello para el dicho paso por la parte de aRiba la distançia *que* vbiere entre las linias 9 10 y a de quedar de lecho por la parte de aRiba la distançia *que* vbiere entre las linias 10 6 y si este dicho caracol vbiere de llebar pasamano lo formaras y le estenderas la moldura como se hiço en el caracol de husillo a 227 planas de este libro y si vbiere de llebar moldura en el oxo se labrara con la çercha estendida D *que* se estendio por çircunferençia concuRiente con el ancho y alto de dos pasos tomados por el oxo como se hiço en la primera difinition desta terçera parte figura B [248]

Caracol de oxo Redondo de dos subidas

Para traçar este dicho caracol de oxo Redondo de dos subidas le formaras la planta como parece entre las çircunferençias A B la çircunferençia A es el oxo del dicho caracol y la çircunferençia B es la pared *que* sirbe de caxa del dicho caracol y esta dicha planta Repartiras en deçiocho pasos tirados al çentro del oxo *que* cada paso destos tenga [249] vna terçia de alto de manera *que* dando los dichos deçiocho pasos vna buelta bien

²⁰² Aparece *capialçado* corregido para dar *caracol*.

²⁰³ Repetición obvia.

²⁰⁴ Aparece tachado *cara*.

²⁰⁵ *q* con tilde.

a ganar dos subidas *que* cada subida tiene tres baras de medir de alto con el grueso de los pasos y con el ancho *que* tubiere vno destos dichos deçiocho pasos y con la distançia *que* se le añade para lecho formaras las dos plantas por caras para plantarlas de quadrado antes *que* se ayan de Robar como parecen las figuras C D y con vna destas dichas plantas por cara labraras los pasos deste dicho caracol y las Robaras [250]²⁰⁶ asi por la moldura del oxo como por el diente baxo como se hiço en el caracol de oxo Redondo a 246 planas deste libro y despues destar labrados y robados los dichos pasos se an de poner²⁰⁷ dos en cada hilada uno contra otro como parecen las dichas dos plantas por caras C D

[290]

²⁰⁸70. 75. 1. 35.

23. 33. 17. 1.

Sigue la estracion

[291]

Listaza que dio principio con 8 de Ato. de 1808

Santiago Gutierrez

Angel Moxino

Juan Alonso

Peones

Juan de la Testa

Josef hortiz

Migel Martinez²⁰⁹

Josef Perez

Migel Rodriguez

Esteban turalsa

Bernardo Cagigas

²¹⁰Semana *que* Remato en 20 de Agto. Clabos uria $\frac{1}{4}$ de vellotes y vellotillos y²¹¹ y trescientos de chilla

[292]

La cuenta ajustada con franco. el Bodegonero asta el dia 11 de enero de 1809 es como sigue

1ª partida 638

2ª partida 575

3ª partida 548

4ª partida 691

5ª partida 808

6ª partida 801

7ª partida 800

8ª partida 471

9ª partida 524 $\frac{1}{2}$

que s[on] 5854 $\frac{1}{2}$

R 689

[293]

Primer Machon suma 3 $\frac{1}{4}$

2º Machon 7 $\frac{1}{4}$

3 º 8 $\frac{1}{4}$

4 º 3 $\frac{1}{4}$

Resto 318 R

²⁰⁶ Cambio de letra a partir de este punto.

²⁰⁷ Error por *poner*.

²⁰⁸ Aquí comienzan las notas después del texto, en una mano que demoninaremos «Maestro de Obras», claramente diferente a la del texto de los *Cerramientos* y a la nota «Quiroga», que se mantiene durante tres páginas.

²⁰⁹ *Miguel Martinez* tachado como si ya se le hubiera pagado.

²¹⁰ Aparece *dia* tachado.

²¹¹ Aparece tachado «cincuenta».

3025

318

2734 se me deven

23; 23; 24; 25; 30

[294]²¹²

²¹³ Este libro es de Alberto de Churriguera²¹⁴ por la verdad lo escrivio el mismo Sepbre 4 de 1703

²¹⁵ Soi de Dn(?) Joseph de Churriguera

7 ... 7

²¹⁶ El Gob[er]nador Prudente y Juez ynstruido

Impreso en Madrid por Juan Muñoz año de 1730²¹⁷

[*Contraportada*]

Tiene este libro 131 trazos de cantería cada uno diferente

²¹² Esta página y la siguiente, al igual que la primera página en blanco, están escritas en un papel diferente al del resto del manuscrito, de menor cuerpo y con la textura del verjurado más fina y en dirección vertical, al contrario que el resto del manuscrito, que se dispone en dirección vertical. Además, estas dos últimas páginas, pero no la primera en blanco, son unos dos milímetros más cortas, tanto en el margen de corte como en el de pie.

²¹³ Aparece una nueva letra, distinta de la del texto y de las de las notas anteriores. La denominaremos «Alberto de Churriguera» por claridad, aunque existen serias dudas acerca de su autenticidad.

²¹⁴ «Churriguera» aparece tachado.

²¹⁵ Aparece una nueva letra, distinta de la del texto y de las de las notas anteriores. La denominaremos «José de Churriguera» para hacernos entender, aunque también existen serias dudas acerca de su autenticidad.

²¹⁶ Esta nota está escrita en una letra muy similar a la que hemos denominado «Maestro de Obras»

²¹⁷ La nota se refiere a Giuseppe MANNIA, *El Gouernador prudente, y juez instruido : documentos generales y particulares / que escriuió en toscano... Joseph Mannia ; y traduze en castellano... Francisco Antonio Capoch y Ramirez...* ; *diuididos en dos partes...* , Madrid, Juan Muñoz, 1730.

GLOSARIO

ABOCINADO, aboçinado, embocinado, bocinado. Arco que tiene mayor luz y flecha por una de las testas que por la otra.

*Dss. Escorial 1570*¹ Remate de labor de puerta BOCINADA en Pedro de Vergara [...] labrara la dicha puerta y BOCINADOS. *Martínez de Aranda c. 1600:34* Para traçar este dicho arco ABOÇINADO en biaxe por testa. *Ibid. 33* Para traçar este dicho arco ABOCINADO en biaxe por testa. *San Nicolás 1633:197* [...] y porque no solo se hacen las escalera de tabicado y EMBOCINADO.

AHONDAR, afondar. Seguir labrando una cara de una pieza de cantería después de materializado el plano definido por tres o cuatro vértices para obtener una superficie curva.

Martínez de Aranda c. 1600:105 estas dichas plantas por caras se an de plantar tiniendo labradas las caras de las piecas a Regla y borneo y despues se an de AFONDAR las dobelas en las dichas caras con las çircunferençias de los arcos plantando cada vna por la testa que le conbiniere.

ALTERACION, alteraçion. Deformación, transformación geométrica.

*Dss. Escorial 1569*² quedando siempre los orijinales con las traças en poder del dho Lucas de Escalante como aparejador de la partida y beedor en lo que toca a el arte para que no aya ALTERACION alguna *Martínez de Aranda c. 1600:v* Traza es toda qualquiera figura que en su distribucion causare ALTERAÇION de robos y estendimiento de linias y cincunferençias *Covarrubias 1611:59 v. ALTERAR.* Mudar la cosa de su ser y estado, de manera que podamos dezir no ser la mesma, sino otra, quasi ALTERA.

ANGULO. La inclinación mutua de dos líneas que se cortan. || Encuentro entre dos paredes de un edificio.

Sagredo 1526 ANGULO es el rincon que se causa del tocamiento de dos lineas por su equivocacion [...] y la aplicacion y concurso de estas dos lineas no puede ser derecha ni a regla porque entonces no se causaria ANGULO. *Martínez de Aranda c. 1600:106* las linias en blanco que salieren en ANGULO Reto de las xuntas que atrabiesan la planta en biaxe. *Covarrubias 1611:71 r.* ANGULO Dizen los geometras ser lo que consta de dos lineas que se vienen a juntar en un punto, y entre los architectos llaman ANGULOS la concurrencia de dos paredes, que por defuera se llaman esquinas y por dedentro rincones. *Bails 1802:5* ANGULO [...] La línea común a dos paredes que se encuentran. El ángulo de la parte de afuera se llama esquina; el de la parte de adentro, rincon.

ARBOTANTE. Arco de circunferencia rampante o en pescante. || Arco que apoya por un extremo en un pilar y por el otro en un muro. || Arco rampante o en pescante que transmite el empuje de una bóveda a un estribo llamado botarel.

*Dss. Escorial 1567*³ me obligo de sacar y desbastar y labrar y asentar y rebocar y retundir y poner en perficion todos los ARBOTANTES e TRASARBOTANTES que hubiere en los claustros pequeños [...] que se entiende el claustro segundo y el de la enfermeria [...] que se entiende en cada transito dos ARBOTANTES y en el transito que ay al claustro segundo al claustro principal ay un ARBOTANTE doblado que lo que tubiere de mas obra de los ARBOTANTES comunes se le pague a tasacion los cuales ARBOTANTES hare como es dicho. *Martínez de Aranda c. 1600:243* a esta

¹ Remate en una puerta de la iglesia de prestado en Pedro de Vergara a 20 de Enero de 1569, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, Madrid, Alpuerto, 1994, pp. 225-226.

² Condiciones para pilares del claustro mayor, de Agosto de 1569, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 242.

³ Contrato con Juan de Urça de 10 de Junio de 1567, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 198.

dicha planta por cara le sacaras sus plantas por lechos en forma de media çircunferençia ARBOTANTE. *Dss. Abadía de la Mota 1616*⁴ adonde esta una cruz se sacara una cepa de canteria y al alto que parece suficiente se erigira un arco ARBOTANTE que venga de la cepa al pilar [...] para que sirva de estribo y no estorbe el paso por la calle [...]

ARCO. Elemento estructural lineal curvo que transmite las cargas principalmente por esfuerzo de compresión.

Martínez de Aranda c. 1600:243 ARCO es toda figura circular *que* fuere contenida de un diamitro y media çircunferençia que se nonbra çimiçirculo desta figura çimiçirculo proçeden munchas figuras en infinito [...] *Covarrubias 1611: 85 r.* [...] a esta semejança se llaman ARCOS las bueltas o corvaduras de los edificios y los claros bolteados entre pilar y pilar, y los de las puertas y las ventanas.

Arco abançado. Arco abierto en una bóveda o talud.

Martínez de Aranda c. 1600:43: Para trazar este dicho ARCO ABANÇADO [...]

Arco abocinado, aboçinado, embocinado, bocinado. Arco de planta trapezial en el que una de las testas es de mayor luz que otra por ambas jambas.

*Dss. Escorial 1567*⁵ dos cañones EMBOCINADOS questan sobre la dcha. escalera [...] con respension de las primeras piedras del segundo troço EMBOCINADO. *Dss Escorial 1570*⁶ Remate de labor de puerta BOCINADA en Pedro de Vergara [...] labrara la dicha puerta y BOCINADOS. *Martínez de Aranda c. 1600: 34* Para traçar este dicho ARCO ABOÇINADO en biaxe por testa [...] *Rejón de Silva 1788: 22* ARCO ABOCINADO Aquel que por un lado es mayor que por el otro. *Ibid. 85* EMBOCINADO Lo mismo que ABOCINADO.

Arco apuntado. Arco que tiene por directriz dos segmentos de círculo con sus centros en la línea de impostas que se encuentran en la clave dando lugar a un punto anguloso.

Martínez de Aranda c. 1600:5 Para Restribar el ARCO APUNTADO Z le Repartiras su çircunferençia en tres partes [...]

Arco capialzado, capialçado, capialcado. Arco que tiene las claves de sus dos testas situadas a alturas diferentes, como el formado por una superficie de intradós que pasa por una testa en arco de medio punto y otra en arco escarzano.

*Dss. Escorial 1566*⁷ un ARCO embocinado o CAPIALÇADO que hizieron encima de una escalera. *Martínez de Aranda c. 1600:40* Para traçar este ARCO CAPIALÇADO por Robos le formarás el arco A en çimiçirculo que sirbe de testa para el lado de la planta B y asimismo formarás el arco C en Sgemento menor de çirculo que sirbe para la testa D.

⁴ Informe de Ginés Martínez de Aranda y Pedro de Velasco de 28 de Julio de 1616, en Carmen JUAN LOVERA, «Iglesia abacial de Santa María de la Mota en Alcalá la Real. La Pulchra ignota», *Boletín de Bellas Artes. Sevilla*, 1988, pp. 156-157.

⁵ Pago a Pedro del Carpio de 16 de Mayo de 1567, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 141.

⁶ Remate en una puerta de la iglesia de prestado en Pedro de Vergara a 20 de Enero de 1569, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 228.

⁷ 9 de Noviembre de 1566, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 153.

Arco capialzado hacia la menor subida, *capialçado haçia la menor subida.* Arco en que las impostas están a alturas diferentes en las dos testas, trazado con flechas diferentes en las dos testas para compensar la diferencia de altura de impostas y lograr así que las claves estén a la misma altura.

Martínez de Aranda c. 1600:82 Para traçar este dicho ARCO CAPIALÇADO HAÇIA LA MENOR SUBIDA por plantas le formarás el arco A en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta B y asimismo formarás el arco C en Segmento menor de çirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta D.

Arco çimiçirculo, de medio punto, a medio punto, de medio redondo. Arco de directriz semicircular, en el que la flecha es la mitad de la luz, generalmente de intradós cilíndrico.

*Dss. Retablo Viznar 1540*⁸: [...] mas encima deste dicho cornison en medyo a de yr un MEDYO REDONDO guarneçido de talla y molduras [...] *Vandelvira c. 1580:18* Tres maneras de arco se hallan en el romano A MEDIO PUNTO que es el señalado con la A y sarpanel señalado con la B y escarzano señalado con la C *Martínez de Aranda c. 1600:4* Supongo *que* el ARCO ÇIMIÇIRCULO S quieres estender sobre la çircunferençia T. *Bails 1802:6* ARCO DE MEDIO PUNTO El que tiene su altura, monte a o sagita igual a la mitad del diámetro o luz. Es un semicirculo.

Arco de rincon de cavstria, en rincon de cavstria, rincon de claustro. El formado en el encuentro de dos bóvedas de cañón, compuesto por dos porciones de superficie cilíndrica, una por cada bóveda.

Vandelvira c. 1580:25 r RINCON DE CLAUSTRO. Este arco [...] sirve cuando dos arcos vienen a encontrarse en un rincon hacen hasta la media clave arista y en la otra rincon. *Martínez de Aranda c. 1600: 8* ARCO DE RINCON DE CAVSTRIA. Para traçar este dicho ARCO EN RINCON DE CAVSTRIA [...]

Arco desquijado, *desquixado.* El arco ABOCINADO por las dos testas, con sección en forma de «V» generalmente simétrica respecto al plano medio del arco.

Martínez de Aranda c. 1600:67 Para traçar este dicho ARCO DESQUIXADO en la cara le formarás el arco A en çimiçirculo este dicho arco serbira para entramas testas y la çircunferençia B sirbe para el diente del dicho arco.

Arco diagonal. El que tiene ambas jambas con sección en ángulo entrante o saliente.

Martínez de Aranda c. 1600:93 Para traçar este dicho ARCO DIAGONAL por Rincon le formarás el arco A en çimiçirculo *que* sirbe para las dos testas de los lados de la planta B y asimismo formarás el arco C en sgmento menor de çirculo *que* no suba mas de lo *que* subiere el arco A.

Arco disminuido, *disminuydo.* El abierto en un muro de testas convergentes, de forma que la profundidad es mayor en una jamba que en otra y las dos testas son oblicuas a las juntas de intradós.

Vandelvira 1580:19 r. Arco DISMINUIDO. Este arco sirve cuando acontece [haber en un lado] un pilar más grueso que en el otro. *Martínez de Aranda c. 1600:8* Para traçar este dicho ARCO DISMINUYDO por testa le formarás el arco A en çimiçirculo *que* sirbe de xuzgo para trcarlo demas

⁸ Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, p. 208 de la ed. de 1983.

y a este arco le baxaras los plomos *que* atrabiesen los dos lados de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** *que* sirbe de testa para los dos lados de la planta **B**.

Arco en torre cavada, en toRe cabada. El abierto en un paramento cóncavo.

Vandelvira c. 1580:21 v. Este ARCO EN TORRE CAVADA se traza por la misma orden que los tres pasados sino que por ser en cercha es menester echar los medios de las dovelas con sus plomos para que vayan aduclidas las plantas y saltarreglas. *Martínez de Aranda c. 1600: 24* Para traçar este dicho ARCO EN TORE CABADA contra quadrado.

Arco en torre redonda, en toRe Redonda. El abierto en un paramento convexo.

Vandelvira c. 1580:22 v. Arco EN TORRE cavada y REDONDA en viaje. Este arco se traza por la misma orden que el pasado, solo por ser en viaje se habrán de sacar todas [sus] plantas y saltarreglas. *Martínez de Aranda c. 1600: 19* ARCO EN TORE REDONDA contra quadrado.

Arco en vuelta de horno, en buelta de horno (fr. *voulte de four, cûl-de-four*).⁹
El abierto en una superficie esférica o pseudoesférica.

Martínez de Aranda c. 1600:61 Para traçar este dicho ARCO EN BUELTA DE HORNO por testa le formarás el arco **A** en çimiçirculo y le baxaras los plomos de las xuntas *que* atrabiesen la planta y circundaras la buelta de horno en el lado de la planta **B** y con el çintrel de la dicha buelta de horno circundaras vn pedaço de çircunferencia **C** puesto el çintrel en el nibel del diamitro **D**.

Arco escarzano, escarçano, escaçano. Arco rebajado formado por un segmento circular menor que la semicircunferencia de forma que el centro está por debajo de la línea de impostas y las tangentes en los arranques son inclinadas.

Vandelvira c. 1580:18 Tres maneras de arco se hallan en el romano a medio punto que es el señalado con la **A** y sarpanel señalado con la **B** y ESCARÇANO señalado con la **C**. *Martínez de Aranda c. 1600:82* la çircunferençia **E** es figura del arco ESCAÇANO **C** sirbe para tomar los capialços *que* cavaren las xuntas entre los arcos **A C**. *Bails 1802:6* ARCO ESCARZANO Aquel cuyas dovelas se dirigen al vértice de un triángulo equilátero, y forma una vuelta que no llega al semicirculo.

Arco por arista. Arco que tiene las dos testas de medio punto, pero también una arista trazada como arco escarzano en un plano intermedio entre las dos testas, de forma que el intradós materializa dos superficies regladas que pasan cada una por una testa y por la arista.

*Dss Escorial 1570*¹⁰ que las dhas capillas se hagan a buelta de horno dulces sin que haga rincon ni ARISTA ni fealdad alguna. *Martínez de Aranda c. 1600:46* Para traçar este dicho ARCO POR ARISTA en la cara formarás el arco **A** en çimiçirculo este serbira para las testas **B** y asimismo formarás la çircunferençia **C** *que* es el ARISTA que a de llebar por la mitad de la cara.

Arco viaje contra viaje, biaxe contra biaxe, enviajado, aviajado, esviado. Arco en el que las dos testas son paralelas entre sí y oblicuas a las jambas, también paralelas entre sí.

Vandelvira c. 1580:28 r. El VIAJE contra VIAJE se traza por la misma orden que el pasado que hace VIAJE por la una parte y por la otra es cuadrado. *Martínez de Aranda c. 1600:15* Para traçar este

⁹ V. Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, *L'Architecture a la française*, París, Picard, 1982, p. 147.

¹⁰ Condiciones para las bóvedas del refectorio de 1 de Marzo de 1570, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 225.

dicho ARCO BIAXE CONTRA BIAXE POR CARA y por Robos le formarás el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta **B** y el arco **C** sirbe de testa para el lado de la planta **D**. *Rejón de Silva 1788:23* ARCO AVIAJADO Lo mismo que ARCO ENVIAJADO [...] ARCO ENVIAJADO. Llámase así aquel cuyos machones están colocados oblicuamente, respecto a la planta. *Ibid. 212* VIAJE CONTRA VIAJE Los lados oblicuos de un arco.

Arco viaje por cara, *biaxe por cara*. Arco en el que las dos jambas son oblicuas a las testas.

Martínez de Aranda c. 1560:37 Para traçar este dicho ARCO abocinado BIAXE POR CARA le formarás el arco grande **A** en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado de la planta **B** y asimismo formarás el arco pequeño **C** *que* sirbe de testa para el lado de la planta **D**.

Arco viaje por lado, *biaxe por lado*. Arco VIAJE POR CARA, es decir, aquel en el que una jamba es oblicua a la otra jamba y a las dos testas.

Martínez de Aranda c. 1600:9 Para tracar este dicho ARCO BIAXE contra quadrado POR LADO y por Robos le formarás el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado ancho de la planta **B** y asimismo formarás el arco **C** en çimiçirculo *que* sirbe de testa para el lado angosto de la planta **D**.

Arco viaje por testa, *biaxe por testa*, biasportiesta, enviado, aviajado, esviado. Arco en el que una testa es oblicua a la otra testa y a las dos jambas.

Martínez de Aranda c. 1600:9 Para tracar este dicho arco BIAXE CONTRA BIAXE POR TESTA formarás el arco **A** en çimiçirculo *que* sirbe de xuzgo y asimismo formarás el arco yndulçido **B** *que* sirbe de testa para los dos lados de la planta **C**. *San Nicolás 1633:68* [...] y a este arco llaman los canteros BIASPORTIESTA o ARCO ENVIAJADO, que es lo mismo [...]

Arco por esquina. Arco dispuesto en el ángulo saliente de dos muros. || Arco con el intradós en ángulo saliente.

Martínez de Aranda c. 1600:96 Para traçar este dicho ARCO DIAGONAL POR ESQUINA de lados desyguales [...] *Rejón de Silva 1788:25* ARCO POR ESQUINA El que está formado en una esquina, de modo que la mitad cae á un lado, y la otra mitad á otro. Ha de ser precisamente de cantería.

Arco por rincon. Arco dispuesto en el ángulo entrante de dos muros. || Arco con el intradós en ángulo entrante.

Martínez de Aranda c. 1600:92 Para traçar este dicho ARCO DIAGONAL POR RINCON [...]

AREA (lat. *area*). Planta de un EDIFICIO. || El solar ocupado estrictamente por un EDIFICIO. || Cada uno de los suelos o plantas de un EDIFICIO. || Parte del suelo de una casa de trazas o de otra estancia que se prepara con yeso u otro material para trazar a tamaño natural.

Hernán Ruiz 1560:13 AREA es un planiz aparejado y nibelado para delinear con regla y compas y esquadra. *Alberti / Lozano 1582:6-7* AREA sera vn cierto espacio determinado del lugar, el qual para la vtilidad del seruicio esta rodeado de muro. *Martínez de Aranda c. 1600:v* Traza es toda qualquiera figura que en su distribucion causare alteracion de robos y estendimiento de linias y circunferençias. Estas se conponen de AREA y particion y monte de que proceden munchas y infinitas figuras xeometricas como adelante se beran en demostracion y declaracion de difinitiones.

ARQUITECTO, *architecto*, *arquitecto*, *arquyteto*, *architetto* (lat. *architectus*, gr. *αρχιτεχτον*). El que practica la ARQUITECTURA diseñando edificios y dirigiendo su construcción.

Sagredo 1526 Has otrosí de saber *que* ARCHITETO es vocablo griego: quiere dezir principal fabricador: así los ordenadores de edificios se dicen propiamente ARCHITETOS. *Dss Salvador de Úbeda 1540*¹¹ por cuanto esta dicha obra a de tener un maestro ARQUYTETO el qual a de visytarla a los tiempos que neçesario fuere [...] *Martínez de Aranda c. 1600:1* Primera parte de Zeramientos i Traças de Montea por Xines Martínez de Aranda ARCHITECTO. *Covarrubias 1611:511 r.* [...] al que fabrica toda una obra y la dispone, ordenandolo con su planta y montea, y da la traça a los demas y el modo de executarla, este se llama ARQUITECTO.

ARQUITECTURA, *arquictetura*, *arquitectura*. Arte de diseñar y construir EDIFICIOS.

Martínez de Aranda c. 1600:iii sabiendo la necesidad *que* el arte de ARQUICTETURA tiene destas dichas traças de montea por ser preñçipal parte suya. *Rejón de Silva 1788:28* ARQUITECTURA El arte que enseña a trazar y construir un edificio con firmeza, solidez y hermosura, según el destino que ha de tener.

ARTE. (lat. *ars*) Ciencia, saber. || Oficio. || Manera correcta de hacer una cosa material.

Covarrubias 1611:93 Latine ars, quae sic definitur: ARS est recta ratio rerum faciendarum; y assi toda cosa que no lleva su orden, razon y concierto decimos que esta hecha sin ARTE. Es nombre muy general de las ARTES liberales y mecánicas. *Martínez de Aranda c. 1600: iii* los sabios Arquictetos antiguos *que* escribieron en el ARTE de Arquitectura [...] no pusieron en platica los liniamientos de las traças de montea [...] me pareçio ponerlas por escritura [...] sabiendo la necesidad *que* el ARTE de arquictetura tiene destas dichas traças de montea [...] y por aRimarme a la dotrina *que* bitrubio nos enseña [...] *que* el arquitecto para ser perfeto no a de careçer de los demas ARTES *Ibid. iv.* no es posible *que* los onbres puedan xuzgar la ciencia de los ARTES oscuras [...] en esta escritura *que* los bocablos naçen de la propia neçesidad del ARTE y por no ser vsados son obscuros. si las escrituras *que* contienen preçetos ampliamente no se Resumen y abrebian y con pocas palabras se declaran pondran en duda a los letores [...] de tal manera *que* no solamente los elebados y sutiles enxenios las ayan dentender pero los medianos sean dellas parteçipantes segun *que* sean enclinados al ARTE harto sera començar y abrir el camino a los *que*. fueren mas abisados y no menos deseosos de ayudar a enRiqueçer este ARTE *que* yo.

ARTÍFICE, *artifiçe*. Artista || Artesano.

*Herrera 1575*¹² la nacion española tenemos lo que ninguna otra nacion que nos parece que los oficiales y ARTIFICES son hombres fuera de na especie [...] y no consideran que vale mas un hombre y çapatero que un hombre solo [...] y no respondo a esto como ARTIFICE, porque no lo soy, sino como media proporcional entre ARTIFICE y no ARTIFICE y que sabe la diferencia que ay del ser ARTIFICE y el no ser ARTIFICE. *Martínez de Aranda c. 1600:iv* los mismos ARTIFICES aunque prometan su prudencia si no son Ricos y mui faborecidos y bien hablados no pueden alcançar avturidad. *Rejón de Silva 1788:29* ARTÍFICE Comúnmente sólo se llama así al Profesor de un Arte liberal y noble como la Pintura, Escultura y Arquitectura; y al que trabaja cosas de mucho primor. *Bails 1802:9* ARTISTA Lo mismo que ARTÍFICE: el profesor de algún arte. Artífice, artista, facultativo, arquitecto, suelen significar en esta obra lo mismo que Arquitecto.

¹¹ Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, p. 186 de la ed. de 1983.

¹² Carta de Juan de Herrera a Diego de Ayala de 6 de Noviembre de 1575, transcrita en Agustín RUIZ DE ARCAUTE, *Juan de Herrera*, p. 62-63.

AUTORIDAD, *avturidad*. Crédito y fe que se da a una persona en una materia determinada por su saber, mérito y fama.

Martínez de Aranda c. 1600:iv los mesmos Artífices aunque prometan su prudencia si no son Ricos y mui faborecidos y bien hablados no pueden alcançar AVTURIDAD conforme a la yndustria de sus estudios para que se crea que saben aquello que profesan. *Covarrubias 1611:105 v.* AUTORIDAD. Estimacion, gravedad, eminencia. AUTORIDAD. La razón escrita que alegamos para fundar algún propósito, y la firmissima es la que se trae de la Sagrada Escritura, de los Concilios [...]

AVANZADO, *abançado, abancado*. Dícese del arco abierto en un paramento que aumenta gradualmente su VUELO sobre el plano vertical de los arranques, después llamado luneta o luneto.

Vandelvira c. 1580:23 r. Arco AVANZADO en cercha [...] sirve cuando se ha de hacer alguna ventana que por la parte de adentro guarde alguna bóveda. *Martínez de Aranda c. 1600:43* Para trazar este dicho arco ABANÇADO [...]

AVANZAMIENTO, *abançamento, abançamiento, avanzamiento, avanço*. VUELO de un arco AVANZADO, una hilada de bóveda u otro elemento constructivo desde el arranque de la bóveda.

*Dss Escorial 1574*¹³ an de dexar en todas las partes que se les hordenaren e mandaren sus rehelexes e retraimientos y salidas y ABANÇAMENTOS [...] e niveles e retraimientos e salidas e ABANÇAMIENTOS. *Vandelvira c. 1580:23 v.* llevarás para las plantas las lineas por las alturas de las dovelas a trainel de la línea plana hasta que encuentren con la línea del AVANZO señalada con la A. *Martínez de Aranda c. 1600:48* Para trazar este dicho arco ABANÇADO [...]. tiraras la linia perpendicular C para que haga la dibision del ABANÇAMENTO *Bails 1796:429* se llevara a lo largo de las aristas g K y F K' el AVANZAMIENTO g 4, y a las aristas g I, F D, el alto del AVANZAMIENTO g 3.

AVANZAR, *abançar*. VOLAR, separarse un elemento del muro o imposta.

Martínez de Aranda c. 1600:48 Para trazar este dicho arco abançado [...] despues tomaras en el abançamento lo que ABANÇA su junta desde el punto 5 al punto 6. *Portor y Castro 1708:35* Y asi desde el dicho punto L tomaras en cada plomo lo que demuestra ABANZAR y lo echaras en los que bajan a la planta, como los numeros demuestran.

BATIDERO. Franja vertical de una PUERTA sobre la que bate la hoja.

Martínez de Aranda c. 1600:125 Para traçar esta dicha puerta biaxe por testa a Regla le formarás la planta [...] el lado de la dicha planta B sirbe para el dintel [...] la distançia que vbiere entre las linias F G es el capialço que a de tener el dicho capialçado y el BATIDERO de las puertas sera la distançia que vbiere entre las linias C G. *Covarrubias 1611:127 r.* BATIDERO El lugar adonde se bate y golpea.

BATIENTE. Franja horizontal del DINTEL de un hueco que recoge la hoja. || Umbral.

Martínez de Aranda c. 1600:116 Para traçar este dicho capialçado quadrado a Regla le formarás el dintel A [...] y asimismo formarás el BATIENTE C con el ancho que te pareciere *Covarrubias 1611:126 v.* BATIENTE la ceja de los umbrales de las puertas en que baten cuando se cierran. *Bails*

¹³ Condiciones de los corredores de la enfermería de Octubre de 1574, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 360-361.

1802:13 BATIENTE La parte inferior del vano de una puerta, ó el sillar que allí se pone entre sus jambas.

BOLSOR, volsor, bolsura (fr. *voussure, voussoir*). Dovela, pieza en forma de cuña con la que se forman los arcos propios y adintelados, las bóvedas y las cúpulas.¹⁴

*Dss. Catedral Salamanca 1522*¹⁵ sus ventanas que tengan de alto veinte y cinco pies en el trasdos de la BOLSURA del arco y sobre estos arcos llevara un entallamiº sobre *que* se heligen las ventanas de las capillas mayores que tendran veinte pies de alto con su buelta de sus BOLSORES y orveria de manera *que* la forma de las capillas mayores venga la dovela de la forma sobre el arco de la ventana [...] *Dss. San Juan Albacete 1538*¹⁶ conviene [que] las dichas cinbryas sean muy llenas en sus cuvetes para que los VOLSORES de los dichos arcos no puedan mover ni faser daño alguno. *Martínez de Aranda c. 1600:1* tomaras el alto de los plomos de las xuntas y mitades de los BOLSORES del arco pequeño **B Bails 1802:120** BOLSOR Lo mismo que Dovela.

BORNEO (cat. *bornejar*, fr. *bornoyer*). Acción y efecto de mirar con un solo ojo una superficie para comprobar su planeidad.¹⁷ || Acción de mover sobre un punto fijo los sillares para colocarlos en su posición precisa.

Hernán Ruiz 1560:12 v [...] y sepa el alabeo y dereçeo entre geometras y sepa giar la bista por derecha bia que es dicho BORNEO. *Martínez de Aranda c. 1600:107* las plantas por caras se an de plantar estando las caras a Regla y BORNEO y despues se cabaran las dobelas. *Covarrubias 1611:147 v*. y de alli se dixo BORNEAR que es dar la buelta cuando se ha llegado al fin y termino de do no hay passar. *Bails 1802:15* BORNEAR Mirar con sólo un ojo, teniendo el otro cerrado, dos ó muchos maderos para ver si están todos en una misma línea; o una superficie para ver si es gaucha o está desengauchada. *Ibid. 120* BORNEAR Mover sobre un punto fixo los sillares, maderos ú otros cuerpos de arquitectura hasta colocarlos en su debido lugar.

Labrar a borneo. Labrar una cara de una pieza de cantería de forma que quede plana a la vista.

*Dss Escorial 1570*¹⁸ an de ser LABRADAS sin rosa alguna y A BORNEO y a escuadra los lechos y juntas. *Martínez de Aranda c. 1600:105* estas dichas plantas por caras se an de plantar tiniendo LABRADAS las caras de las piecas A Regla y BORNEO y despues se an de afondar las dobelas en las dichas caras con las çircunferençias de los arcos plantando cada vna por la testa *que* le conbiniere. *Portor y Castro 1708: 36 v*. Bamos a la primera pieza Se le a de LABRAR derecho y A BORNEO el lecho o junta baja.

¹⁴ Antonio NAVAREÑO MATEOS, y Francisco M. SÁNCHEZ LOMBA, *Aportaciones a la historia de la arquitectura en Extremadura. Repertorio de artistas y léxico de alarifes*, Cáceres, Universidad de Extremadura, 1988, definen BOLSOR como «Dovela dispuesta sobre las jambas de puertas y ventanas y desde donde se suceden las demás que constituyen el arco», es decir, lo identifican con el SALMER actual. Sin embargo, a lo largo de los *Cerramientos* y sin ir más lejos en las dos planas numeradas como 1, queda claro que Aranda se refiere con este término a todas las dovelas del arco, incluyendo salmeres y clave.

¹⁵ Informe de Juan de Badajoz y Francisco de Colonia de 3 de Agosto de 1522, transcrito en Fernando CHUECA GOITIA, *La catedral nueva de Salamanca. Historia documental de su construcción*, Salamanca, Universidad de Salamanca, 1951, p. 47.

¹⁶ Manuel GÓMEZ-MORENO Y MARTÍNEZ, *Las águilas del Renacimiento español*, p. 200 de la ed. de 1983.

¹⁷ V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 3 de la ed. de 1991: «Bornoyer: viser d'un œil en fermant l'autre».

¹⁸ Condiciones para la torre sobre el zaguán del refectorio, prob. de Marzo de 1570, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 220.

BÓVEDA, *bobeda*. Elemento estructural de directriz lineal y sección curva que transmite las cargas principalmente por esfuerzo de compresión.

Dss. Hospital Tavera 1602 ¹⁹ Debajo de estas Enfermerías ay otras dos de el mesmo largo, y ancho, que son BOBEDAS, y CONTRABOVEDAS, en que ay cozina y despensa [...] *Martínez de Aranda c. 1600: 48* Arco abançado en BOVEDA. *Rejón de Silva 1788:39* BOVEDA Cuerpo de fábrica cóncavo, sostenido por las paredes que circundan un espacio, al qual sirve de cubierta o techumbre.

CABO (l. *caput*). Extremo, borde, lado.

Vandelvira c. 1580:21 v. Las plantas de un CABO sirven al otro y lo mismo las saltarreglas excepto si es en viaje porque si es viaje es necesario sacar todas las plantas y saltarreglas. *Martínez de Aranda c. 1600:52* çircundaras la çircunferençia C y tiraras la linia perpendicular D para que dibida el abançamento y sacaras a nibel los CABOS de las xuntas que toquen en la dicha çircunferençia C. *Covarrubias 1611:164 r.* CABO. Es el fin de toda cosa, de donde se formo el verbo acabar, por dar fin a una cosa y perficionarla.

CAÍDA, *cayda*. Inclinación, paramento inclinado.

Martínez de Aranda c. 1600:60 tiraras la linia que sirbe de talus C y la linia perpendicular que dibide la CAYDA del dicho talus D.

CAJA, *caxa*. Muro perimetral de una escalera, ya sea de tramos rectos o de caracol. || Espacio en que se construye una escalera. || Entalla, hueco que se practica en una piedra para recibir otro elemento.

Dss. Santa Cruz la Real de Granada 1596 ²⁰ Que en la dicha obra a de hazer çiento y çinquenta tapias en la CAXA de la dicha escalera. *Martínez de Aranda c. 1600:242* la çircunferençia B es la pared que sirbe de CAXA del dicho caracol. *Rejón de Silva 1788:55* CAXA El sitio que ocupa la escalera.

CANAL. Concavidad de una pieza de cantería, especialmente alrededor de una arista.

Martínez de Aranda c. 1600:207-208 ase de albertir que la clabe deste dicho capialçado a de quedar despues de labrada por la mitad de la cara desde la mitad hacia la testa que haga CANAL y la otra mitad de haçia el batiente que haga arista.

CAPIALZADO, *capialcado, capialçado* (fr. *arrière-voussure*). Hueco formado de manera que una de sus testas está más alta que otra y una o ambas tienen forma de dintel.

San Nicolás 1633:67 v. [...] y teniendo por de dentro vuelta y por defuera no, necessariamente aunque mueuan a un alto, a de auer CAPIALÇADO y tiene diferentes cortes de canteria.²¹ *Rejón de Silva 1788:50* CAPIALZADO s. m. A. El arco que defuera es escarzano, y por adentro adintelado; o

¹⁹ Pedro Salazar de Mendoza, *Cronica de el Cardenal Juan Tavera*, Toledo, 1602, XLVI, 271 f y ss., transcrito en Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, p. 423.

²⁰ Contrato y condiciones para la obra de albañilería de la escalera, de 26 de Marzo de 1596, en Lázaro GILA MEDINA, «La arquitectura en Granada a fines del siglo XVI: la escalera del convento de Santa Cruz la Real», *Cuadernos de Arte*, 1992, p. 177.

²¹ Fernando GARCÍA SALINERO, *Léxico de alarifes de los siglos de oro*, p. 42 cita este pasaje a propósito del arco capialçado. Pero este elemento constructivo se caracteriza, al menos en Martínez de Aranda, por tener arcos en las dos testas, mientras que aquí Fray Laurencio de San Nicolás nos habla de un elemento con una testa en arco y en otra adintelada.

por defuera redondo, y por adentro escarzano, de modo que su vuelta forma un derramo hacia arriba.

Capialzado a regla. CAPIALZADO en el que las dos testas tienen forma de dintel.

*Dss Escorial 1573*²² se elegiran en esta fachada [...] honze ventanas con sus antepechos [...] y de parte de adentro sus recantones y CAPIALÇADOS A REGLA a picon. *Martínez de Aranda c. 1600:127* Para tracar esta dicha puerta de arco contra CAPIALCADO A REGLA.

Capialzado abocinado en vuelta, aboçinado en buelta. CAPIALZADO con planta en forma de cuadrante de círculo y las dos testas dispuestas en ángulo recto.

Martínez de Aranda c. 1600: 155 Para traçar este dicho capialçado ABOÇINADO en buelta con sus despieços le formaras la planta como pareçe entre los quatro angulos A.

Capialzado de arco contra el dintel. CAPIALZADO en el que la testa alta tiene forma de dintel y la baja de arco.

Martínez de Aranda c. 1600:161 Para traçar este dicho CAPIALÇADO DE ARCO CONTRA EL DINTEL.

Capialzado desquijado, desquixado. CAPIALZADO en el que las jambas son divergentes || CAPIALZADO en el que las testa alta tiene forma de arco.

Martínez de Aranda c. 1600:146 Para traçar este dicho CAPIALÇADO DESQUIXADO quadrado.

Capialzado en vuelta de horno, en buelta de horno. CAPIALZADO abierto en una superficie esférica o pseudoesférica.

Martínez de Aranda c. 1600:193 Para traçar este dicho capialçado quadrado en buelta de horno por testa le formaras la planta como pareçe entre los quatro angulos A.

Capialzado en torre cavada, en toRe cabada. CAPIALZADO abierto en un paramento cóncavo.

Martínez de Aranda c. 1600:186-187 Para traçar este dicho CAPIALÇADO quadrado desquixado de arco EN TORE CABADA le formaras la planta como pareçe entre los quatro angulos A y asimismo formaras el arco B que sirbe de xuzgo para sacar el arco estendido C y este dicho arco sirbe de testa para el lado cabado de la planta D.

Capialzado en torre redonda, en toRe Redonda, en vuelta redonda, en buelta Redonda. CAPIALZADO abierto en un paramento convexo.

Martínez de Aranda c. 1600:133 CAPIALÇADO biaxe por testa EN TORE REDONDA a Regla. Para traçar este dicho CAPIALÇADO biaxe por testa EN BUELTA REDONDA le formaras la planta como pareçe entre los quatro angulos A y formaras el dintel²³ que sirbe de testa para el lado REDONDO de la planta C.

Capialzado viaje por testa, biaxe por testa. CAPIALZADO en el que las testas son oblicuas entre sí.

²² Condiciones para la fachada norte de 19 de Abril de 1573, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 377.

²³ Aparece tachado *batiente* y corregido para dar *dientel*, por *dintel*.

Martínez de Aranda c. 1600:118 Para traçar este dicho CAPIALÇADO BIAXE POR TESTA a Regla le formarás el dintel **A** que sirbe de TESTA para el lado en BIAXE de la planta **B**.

Capialzado viaje por cara, *biaxe por cara*. CAPIALZADO en el que las testas son paralelas entre sí pero oblicuas a la recta que une sus centros.

Martínez de Aranda c. 1600:121 Para traçar este dicho CAPIALÇADO BIAXE POR CARA a Regla le formarás el dintel **A** que sirbe de testa para el lado de la planta **B** y la distançia que vbiere entre las dos linias **A B** es lo que a de capialçar el dicho capialçado y asimismo formarás la planta con el *biaxe* que tubiere el sitio donde se vbiere de haçer como pareçe entre los quatro angulos **C**.

CAPIALZAR, *capialçar, capialcar*. Levantar un hueco por una de sus testas formando al mismo tiempo derrame o abocinamiento. || Estar más elevado un punto que otro.

Vandelvira 1598:29 r. La decenda de cava y la traza pasada viaje contra viaje se trazan de una manera en quanto al CAPIALZAR de las plantas y saltarreglas. *Martínez de Aranda c. 1600:193* tomarás lo que CAPIALÇA su xunta desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño echarás de quadrado desde el punto 3 al punto 4 que haga angulo Reto con la linia 5.

CAPIALZO, *capialço*. Diferencia de cotas entre dos puntos. || Pendiente del intradós de un arco, bóveda o capialzado.

Vandelvira c. 1580:22 r. diras ahora como [...] las plantas van redondas a la parte del torre cabo y a la parte del redondo van cavadas; a lo cual has de saber que el mucho CAPIALZO que las primeras CAPIALZAN les hace hacer este efecto. *Martínez de Aranda c. 1600:82* la çircunferençia **E** es figura del arco escaçano **C** sirbe para tomar los CAPIALÇOS que cavsaren las xuntas entre los arcos **A C**.

CAPILLA. Bóveda o tramo de bóveda. || Espacio cubierto por una bóveda. || Tramo de nave.

*Dss Salvador de Úbeda 1540*²⁴ el cuerpo de la yglesya [...] a de ser rrepartydo en tres CAPILLAS [...] las cuales CAPILLAS han de dividir los arcos perpiaños. *Martínez de Aranda c. 1600:iv* en la primera tratare de arcos dificultosos en la segunda de capialçados y puertas en la terçera de caracoles y escaleras en la quarta de pechinas y bobedas en la quinta de CAPILLAS y ochabos. *Rejón de Silva 1788:50* CAPILLA Bóveda sobre planta cuadrada, que puede ser baída, esquilada o por arista. *Bails 1802:20* CAPILLA Lo mismo que BÓVEDA.

Capilla por rincon. Bóveda formada por dos cilindros que intersectan entre ellos, tomando las porciones que apoyan en el perímetro.

Martínez de Aranda c. 1600:iv los Robaras conforme se hiciere en la CAPILLA QUADRADA POR RINCON a planas deste libro.

CARA. Cara vista de una pieza, esp. la cara de intradós de una dovela.

Martínez de Aranda c. 1600:114 Robandolo por el lecho alto con el robo **a** y por el tardos con el Robo **b** y por la CARA con el Robo **c** y por el lecho baxo con el Robo **d**. *Portor y Castro 1708:25 v.* la çircunferençia **9** es la cercha con que se an de labrar las CARAS de la pechina.

CARACOL. Escalera de caracol, es decir, de directriz helicoidal.

Martínez de Aranda c. 1600:iv en la primera tratare de arcos dificultosos en la segunda de capialçados y puertas en la terçera de caracoles y escaleras en la quarta de pechinas y bobedas en la

²⁴ Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, p. 188 de la ed. de 1983.

quinta de CAPILLAS y ochabos. *Rejón de Silva 1788:51* CARACOL Escalera que sube dando vueltas circulares, u ovaladas como caracol *Bails 1802:20* CARACOL. Lo mismo que HÉLICE.

Caracol de husillo. Escalera de caracol en la que los peldaños llevan incorporados una sección de núcleo cilíndrico.

Martínez de Aranda c. 1600:227 Para trazar este dicho CARACOL DE HUSILLO le formarás la planta circular como parece en la circunferencia A.

Caracol de Mallorca. Escalera de caracol en la que los peldaños llevan incorporados una sección de núcleo helicoidal, dejando un ojo reducido.

Martínez de Aranda c. 1600:246 CARACOL de oxo *que* dicen DE MALLORCA *Portor y Castro 1708:24 v.* KARACOL de ojo en una planta esférica *que* llaman de MALLORCA.

Caracol exento, esento. Escalera de caracol empotrada únicamente en el MACHO, sin que exista CAJA.

Vandelvira c. 1580:51 v. Declaracion del caracol EXENTO. Ofrecese algunas veces haber de hacer un caracol para subir a algun organo u a otra parte que sea menester que no embarace por la angostura que puede haber, el cual se podra hacer EXENTO alrededor de una columna [...]

Martínez de Aranda c. 1600:243 Para traçar este dicho caracol ESENTO alRededor de vn macho Redondo capialçado en çircunferençia [...]

CARGAR. Apoyar un elemento constructivo sobre otro transmitiéndole su peso.

Vandelvira 1580:21 r. Por estar puesto en obra en Sabiote, pegado a las casas de mi morada, lo pongo aqui en diseño, el cual no deja de ser artista y tiene encima una CARGA increíble. *Rojas 1598:14* Es muy à proposito, para que el Ingeniero sepa disponer los fundamentos de las fabricas, para que CARGUE la grauedad del peso dellas perpendicularmente, *que* de no estar con esta proporcion assentados los edificios, vienen a hazer las quebraduras. *Martínez de Aranda c. 1600:231* Para traçar este dicho caracol en buelta de bobeda concuRiente alRededor de vn macho Redondo le formarás la planta como parece entre las çircunferençias A B la çircunferençia A es el macho sobre *que* CARGA la dicha bobeda y la çircunferençia B es la pared o caxa sobre *que* CARGA la dicha bobeda [...]

CAVAR, cabar. Ahondar, dar forma cóncava.

Martínez de Aranda c. 1600:107 las plantas por caras se an de plantar estando las caras a Regla y borneo y despues se CABARAN las dobelas.

CAVO, cabado, cabo. (l. *cavus*) Cóncavo.

Sagredo 1526 Escota es otra moldura CAVADA y metida hazia dentro. *Vandelvira c. 1580: 4 r.* Superficie CAVA. La superficie concava demuestra en el circulo causado por la parte de adentro como una capilla en vuelta de horno; la parte que hace cercha CAVADA que es la parte baja se llama superficie concava y la parte alta causada de cercha redonda se dice superficie convexa. *Martínez de Aranda c. 1600:24* Para traçar este dicho arco en toRe CABADA contra quadrado le formarás el arco çimiçirculo A y le baxaras los plomos de las xuntas *que* toquen en el lado quadrado B y pasen a tocar al lado CABADO.

CLAUSTRIA, cavstria, clavstria, claustrio, clavstrio. Claustro, patio rodeado de galerías de columnas en los monasterios, catedrales y colegiatas.

Arco en rincon de claustria, de rincon de cavstria, en rincon de cavstria, rincon de claustrio. El que se forma en la intersección de dos bóvedas de cañon de igual altura y diámetro que se encuentran en ángulo recto.

Vandelvira c. 1580:25 r RINCON DE CLAUSTRO. Este arco [...] sirve cuando dos arcos vienen a encontrarse en un rincon hacen hasta la media clave arista y en la otra rincon. *Martínez de Aranda c. 1600:8* ARCO DE RINCON DE CAVSTRIA. Para traçar este dicho ARCO EN RINCON DE CAVSTRIA [...]

CERCHA, çercha, cerchon. (fr. *cherche, cerche*) Plantilla, usualmente de madera, empleada para trazar una curva. || Curvatura de un arco o bóveda.

Sagredo 1526 sacar una CERCHA o molde con el cual señales los dichos arcos. *Dss. Escorial 1566*

²⁵ A Juan de Villaverde cantero 42 rls. CERCHONES para la capilla. *Martínez de Aranda c. 1600:62-63* tiraras la testa de la dicha planta por cara desdel punto 12 con la ÇERCHA de la buelta de horno. *Ibid. 233* las quales dichas CERCHAS se an de estender por çircunferençia concuRiente como se hico en la primera difinition desta terçera parte figura B. *Bails 1802:23* CERCHA Patron de contorno curvo sacado de una tabla de chilla, que se aplica de canto en un sillar para labrar en él una superficie convexa o cóncava [...] La CERCHA se distingue de la plantilla, en que ésta se aplica de plano a la superficie donde se ha de labrar la figura cuyo contorno el patron representa.

CERRAMIENTO, ceRamiento, zeRamiento. Elemento de cantería que se cierra al colocar la última pieza o hilada, como un arco o una bóveda.

Rojas 1598:89 no se puede saber perfetamente el CERRAMIENTO de un arco si no es contrahaziendolos por sus pieças de barro ò de yesso, y esto digo por la esperiencia que tengo dello, que en tiempo de mi mocedad me ocupe en contrahazer, y leuantar modelos de muchas diferencias de CERRAMIENTOS de capillas. *Martínez de Aranda c. 1600:1a* ZERAMIENTOS i trazas de monte por Xines Martinez de Aranda architecto.

CERRAR. Asentar las dovelas de un arco o bóveda sobre las cimbras, terminando con la clave.

Dss. Escorial c. 1566 estan CERRADAS otras dos bobedas que son ya tres las CERRADAS y se comiença la quarta. *Dss. Hospital Tavera c. 1600* ²⁶ todas las ventanas se CERRARAN de sus arcos de piedra en los tres pies de grueso de la parred. *Dss. Parroquia Illora 1645* ²⁷ necesidad precisa de acabar de CERRAR y hacer las quatro bobedas porque solo tiene embobedada la capilla mayor de dicha yglesia, con que los quatro arcos estan sueltos por no estar CERRADAS las dichas quatro bobedas con que tienen grandisimo peligro de caerse. *Bails 1802:124* CERRAR Sentar las dovelas de un arco, ó dintel sobre las cimbras, y cerrarle con la clave.

CIENCIA, sciencia. Saber, conocimiento. || Profesión.

Vitruvio / Urrea 1582:5v. La architectura es una SCIENCIA adornada de muchas disciplinas, y varia erudicion [...] aquellos que professan ser architectos, han de ser exercitados en lo uno y en lo otro, de manera que conuiene ser ingeniosos y faciles para deprender la SCIENCIA. *Martínez de Aranda c. 1600:iv* para que se pudieran claramente conocer los que eran sabios y asi fueran tenidos en lo que merecen pues no es asi sino como quiso la naturaleza no es posible que los onbres puedan xuzgar la CIENCIA de los artes oscuras [...]

²⁵ 5 de Marzo de 1566, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 154.

²⁶ Condiciones para la galería de la delantera principal. Archivo del Hospital Tavera. Transcrito en Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, p. 437.

²⁷ Visita pastoral de 1645, cit. José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA, *Las iglesias de las Siete Villas*, p. 114.

CIMBRA, *cinbria*, *çinbria*, *cinbrya*, *cimbria*, *zimbria* (fr. *syntre*, *cintre*). Armazón provisional de maderos que se destina a sostener un arco o bóveda durante su construcción. || Desarrollo en verdadera magnitud de la testa o sección de un arco.

*Dss. San Juan de Albacete 1538*²⁸ conviene [que] las dichas CINBRYAS sean muy llenas en sus cuvetes para que los volsores de los dichos arcos no puedan mover ni faser daño alguno. *Martínez de Aranda c. 1600:71-72* la çircunferençia **D** es la forma *que* ha de tener el arco despues de labrado por qualquiera de los lados y sirbe para CINBRIA esta se a destender con el alto *que* tubieren los plomos en el arco **A** y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en el lado de la planta **C** *Ibid 80* y las ÇINBRIA[S] para las testas sacaras con el alto de los plomos del arco **A** y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en el lado **C**. *Dss. La Merced de Sanlúcar de Barrameda 1619* [...] las ZIMBRIAS de la media naranja. *Rejón de Silva 1788:59* Armazón de madera para construir en ella los arcos y bóvedas. Consta de una superficie convexa arreglada á la cóncava que ha de tener el arco ó bóveda que se va a construir: fúndase sobre maderos gruesos que puedan sostener el peso. *Bails 1802:24* CIMBRA Maderamen que imita la curva de un arco de fábrica, que sobre él se ha de labrar.

CINTREL, *çintrel*, *centel* (fr. *syntre*, *cintre*, *simbleau*). Cuerda o listón que se emplea en el trazado o construcción de un arco o bóveda, fijándola por un extremo y trazando un arco de circunferencia o moviéndose en una superficie esférica con el otro. || Radio de un arco o esfera.

*Dss. Catedral Salamanca 1522*²⁹ en la capilla q. juº gil cerro quedaron las formas baxas pie y medio [...] y el redondo *que* haze enl. medio la dicha capilla no esta en punto ni en CENTEL ninguno. *Gil de Hontañón c. 1550* debajo de un Rampante, no puede ser monteado un templo [...] y es claro, porque aunque sea vn CINTREL que tenga 300 pies de largo si le ponen que sea lo supremo la caueçera que llegue a los pies no tendra altura desde el suelo. *Martínez de Aranda c. 1600:48* çircundaras la çircunferençia de la bobeda **B** con el CINTREL *que* tubiere la bobeda donde se vbiere de hacer el dicho arco. *Ibid 61* con el ÇINTREL de la dicha buelta de horno circundaras vn pedaço de çircunferencia **C** puesto el ÇINTREL en el nibel del diamitro **D**. *San Nicolás 1633:107* [...] y esta sirve para lechos y sobrelechos de estas dobelas naciendo como esta dicho todas las juntas del punto del CINTREL. *Rejón de Silva 1788:60* CINTREL La cuerda ó regla que se pone en el centro de una cúpula para ir arreglando las hiladas de ladrillo al tiempo de construirla.

CIRCULO, *çirculo*. CIRCUNFERENCIA. || Área contenida en una CIRCUNFERENCIA.

Sagredo 1526 CÍRCULO es otra linea que haze una buelta redonda sin tener principio ni fin: en medio de la cual ay un punto que se dize centro del qual ygualmente es apartada. *Martínez de Aranda c. 1600:67* este tamaño echaras en el pedaço de ÇIRCULO 4 desdel punto 1 al punto 7.

CIRCUNDAR, *çircundar*. Rodear. || Trazar un arco de círculo.

Martínez de Aranda c. 1600:41 CIRCUNDARAS la çircunferençia en blanco **E** *que* sirbe de xuzgo para sacar las plantas por lechos. *Ibid 43* ÇIRCUNDARAS la çircunferençia en blanco **E** *que* sirbe de xuzgo para sacar las plantas por lechos. *Portor y Castro 1708:25 v.* trazese la zircunferenzia obal **P** CIRCUNDASE la parte estendida del punto 3 a la angosta del punto 2.

²⁸ Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, p. 200 de la ed. de 1983.

²⁹ V. Fernando CHUECA GOITIA, *La catedral nueva de Salamanca*, p. 58.

CIRCUNFERENCIA, çircunferençia, circunferençia, çircunferencia. Curva plana y cerrada cuyos puntos equidistan de otro situado en el mismo plano.

Martínez de Aranda c. 1600:43 tomaras en su xunta lo que desbia el arco A de la ÇIRCUNFERENÇIA E desde el punto d al punto e.

Circunferencia endulcida, çircunferençia yndulçida. Elipse obtenida como resultado de la transformación de una circunferencia y trazada por puntos.

Martínez de Aranda c. 1600:1-2 Repartiras entramas ÇIRCUNFERENÇIAS en partes yguales y de los puntos de la pequeña sacaras vnas lineas paralelas que toquen en los plomos que baxaren de los puntos de la ÇIRCUNFERENÇIA grande y adonde tocaren haras vnos puntos despues coxeras los dichos puntos de tres en tres y quedara formada la ÇIRCUNFERENÇIA YNDULÇIDA G.

CLAVE, clabe. Pieza de cantería con que se cierra un arco o bóveda.

Vandelvira c. 1580:19 r. La CLAVE cae a plomo y así es la misma de la traza. *Martínez de Aranda c. 1600:87* desta manera se an de yr labrando todas las demas pieças deste arco eçeto la CLAVE que a de yr labrada de forma que la mitad quede por la cara en arista y la otra mitad en Rincon.

COLUMNA, coluna. Elemento arquitectónico de función sustentante, directriz vertical y sección circular o, muy raramente, elíptica.

Sagredo 1526 Cinco generos de COLUNAS antiguas se hallan [...] Doricas Jonicas Tuscanicas Corinthicas Atticas. *Martínez de Aranda c. 1600:111* CoRedor bolado sin COLUNAS formado de arcos abañcados. Para formar este dicho coRedor bolado formaras la pared del claustrio como pareçe en la linia A y asimismo formaras la salida del coRedor que es la linia B.

COMPÁS, compas. Instrumento compuesto de dos piezas iguales unidas en uno de sus extremos por un eje en torno al cual pueden girar; se destina a trazar arcos o circunferencias y a transportar distancias; a veces lleva una tercera pieza, llamada sector, destinado a mantener las otras en un mismo plano y a facilitar la medida de ángulos; se distingue entre uno más pequeño, que se utiliza en trazados a escala, y otro mayor, el *compás d'appareilleur* francés, para trazados a tamaño natural.

Sagredo 1526 veo que me estas esperando con el CONPAS en la mano para empezar la traza de las basas. *Martínez de Aranda c. 1600:105* con este tamaño pondras la vna punta del CONPAS en el punto 7 y con la otra tocaras en la linia en blanco 3 en el punto 8. *Covarrubias 1611:228 v.* COMPAS Instrumento de hierro o otro metal de que usan los geometras y todos los artifices, assi arquitectos como ensambladores y carpinteros [...] Dixose COMPAS quasi compes, porque tiene dos piernas; la una señala al centro, la otra dando bueltas forma el círculo. La regla y COMPAS son los dos instrumentos con que se retifica toda obra fundada en lineatura; y para los angulos rectos el escuadra [...] no embargante que con el círculo y la linea se forma todo género de figuras. *Rejón de Silva 1788:66* COMPAS Instrumento de metal, compuesto de dos piernas que proceden de un centro, y terminan en dos puntas; se puede abrir y cerrar a discreción para formar círculos y tomar medidas.

COMPOSTURA, compostura. Construcción o hechura de un todo que consta de varias partes.

Martínez de Aranda c. 1600:v sienpre tube cuidado y prencipal intento de contra haçer las dichas traças y ponerlas por modelos antes de ponerlas por escritura quanto pude hiçe por sacar a luz la grande ObscuRidad que los terminos dellas tienen consultandolas con onbres dotos y personas eminentes y tracistas pero con todo eso si esta CONPOSTURA y parte della no estubiere tal suplico no se ynpute a mi boluntad ni poco trabaxo porque como onbre pude eRar.

CONCURRENTE, *concuRiente*.

Línea concurrente, *concuRiente*, concurriente. Línea convergente, que se encuentra con otra en un punto.

Arfe 1585:3 La Perpendicular, la CONCURRENTE / la Obliqua, Diagonal y la Enroscada / Todas cinco se muestran facilmente / cada una en su figura señalada. *Martínez de Aranda c. 1600:104* esta linia estenderas por linia CONCURIENTE con lo *que* sube mas el plomo del tardos de la xunta en el arco **A** *que* no en el arco **C**. *Portor y Castro 1708:21 v.* en la trasa antezedente se sacaron las plantas por LINEA CONCURIENTE aqui las sacarás por otra regla que es todos los plomos que bajan del arco.

CONTRAHACER, *contra hacer* (fr. *contrefaire*). Representar por medio de un MODELO o maqueta. || Imitar, representar.

Vandelvira c. 1580:22 r. y si lo quisieres probar CONTRAHAZ un arco de estos por robos, como te enseñare mas adelante y luego planta estas plantas y haras la prueba ser estas ciertas. *Martínez de Aranda c. 1600:iii* los liniamentos de las traças de monte y en nuestros tienpos no las alcançan a tener si no es aquellos *que* en su moçedad se an dado a la diçiplina del tracar y CONTRA HAÇERLAS. *Covarrubias 1611:235 r.* CONTRAHAZER. Imitar alguna cosa de lo natural o artificial. CONTRAHECHO, lo imitado de esta manera.

CONTRARIO. Antisimétrico.

Martínez de Aranda c. 1600:17 Para traçar este dicho arco formaras el arco **A** tan grande que coxga los dos biaxes CONTRARIOS como parece en la traça.

CORREDOR, *coRedor*. Pasillo, galería. || Panda de patio. || Balcón o cornisa volados, esp. los sustentados por una serie de arcos.

Dss La Calahorra 1510 ³⁰ Estas letras tiene puestas [Don Rodrigo de Vivar] en mármol en La Calahorra, en lugar tal que quitándose las piedras caerían los CORREDORES. *Dss Colegio Fonseca de Salamanca 1529* ³¹ querria que se començasen a labrar dos o tres claros de los CORREDORES por la traça dellos que de aca va señalada. *Martínez de Aranda c. 1600:109* COREDOR bolado sin columnas formado de arcos por arista por Robos. *Covarrubias 1611:242 v.* CORREDOR, El paseo descubierto de la casa. CORREDORES, El ámbito que esta sobre el patio. *Rejón de Silva 1788:72* CORREDOR Lo mismo que Galería. También se llama CORREDOR a un balcón volado muy largo.

CUADRADO, *quadrado*. Dirección ortogonal a otra. || Dícese de las piezas cuadradas, rectangulares o paralelepípedicas.

Sagredo 1526 Retangulo se llama el angulo *que* es QUADRADO o puesto en escuadra. *Ibid.* QUADRADO es figura que tiene quatro angulos y causase de *quatro* lineas yguales *que* hazen quatro angulos retangulos. *Martínez de Aranda c. 1600:16* la linia terminada señalada con la **B** es para ganar el QUADRADO del biaxe *que* sirbe de xuzgo para sacar plantas por caras y por lechos. *Ibid 18-19* a de ser los bolsos QUADRADOS y si los quisieres haçer con algun biaxe entonces sacarás plantas por caras y por lechos en biaxe. *López de Arenas 1633* ³² Supuesto que el nudillo puedes echarlo más alto o más bajo del tercio [...] échale sus cabezas del cartabón CUADRADO por los extremos.

³⁰ V. Manuel GÓMEZ-MORENO, «Sobre el Renacimiento en Castilla. Notas para un discurso preliminar», *Archivo Español de Arte y Arqueología*, 1925, p. 38.

³¹ Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, p. 184 de la ed. de 1983.

³² Diego LÓPEZ DE ARENAS, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco ...*, p. 96-97.

De cuadrado, de quadrado. Ortogonalmente. || En vertical u horizontal.

Martínez de Aranda c. 1600:5 baxaras vn plomo DE QUADRADO *que toque* en el punto e y lo *que* vbiere desdel punto e al punto f eso tendra de Restribo este dicho arco en Segmento menor de círculo. *Ibid 13* lo labraras primero DE QUADRADO con la forma *que* parece entre los quatro puntos 1 2 3 4. *Ibid 96* de manera *que* benga por la mitad de la clabe a estar el dicho arco DE QUADRADO *que* se ayan perdido las aristas. *López de Arenas 1633*³³ lo que hubiere entre esta cola y la cabeza DE CUADRADO por la tabla le quitarás.

CUARTA, quarta. Palmo, medida de longitud que equivale a la cuarta parte de la vara de medir.

*Dss. Hospital Tavera c. 1600*³⁴ se hara una canal que tenga de ancho una QUARTA e de hondo un octavo de pie. *Martínez de Aranda c. 1600:227* con esta dicha planta labraras primero los pasos de quadrado *que* tengan vna QUARTA de alto.

CUELLO. Altura libre de una escalera de caracol; en ocasiones se mide incluyendo el grueso de los peldaños, y en tal caso equivale al paso de la hélice que genera la escalera.

Martínez de Aranda c. 1600:227 bendra a tener de CUELLO la subida en toda vna buelta tres baras de medir.

DECLARACION, declaração. Explicación, aclaración, de lo que está oculto y no se entiende bien. || Especificación de proyecto. || Informe técnico, incluso verbal.

Rojas 1598:97v.-101 me remito al buen juicio del curioso artifice, y a la demostracion que muestra en si cada figura destas, porque [...] *consiste* el saber hazer las bouedas en el mucho vso y experiencia que se tendra de ellas y assi no dire su DECLARACION, por ser materia que la tiene dentro en si muy escondida. *Dss. Hospital Tavera c. 1600*³⁵ lo suso dicho se a de hazer conforme a de la manera que esta DECLARADO e platicado en estas condiciones e debuxado en la traça e deseñado [...] *Dss. Santa Cruz la Real de Granada 1596*³⁶ con DECLARAÇION que acabada la dicha obra la an de ver dos maessos del dicho ofiçio uno por el dicho conbento y otro por el dicho Françisco Gutierrez para que digan y DECLAREN si la dicha obra esta conforme a las dichas traças y condiçiones y DECLARAÇIONES y [...] por lo que los tales DECLARAREN se a de estar y pasar sin contradizeir ninguna de las partes la tal DECLARAÇION. *Martínez de Aranda c. 1600:v* Traza es toda qualquiera figura que en su distribucion causare alteracion de robos y estendimiento de linias y circunferençias. Estas se componen de Area y particion y monte de que proceden munchas y infinitas figuras xeometricas como adelante se beran en demostracion y DECLARACION de difinitiones. *Covarrubias 1611:300 r.* DECLARAR. Manifestar lo que de suyo estava oculto y mal entendido. DECLARACION. La tal manifestacion.

DESCANSADERO, descanso. Descansillo, tramo llano de una escalera desde el que no se accede a una planta.

Martínez de Aranda c. 1600:219 Escaleras son todas qualesquiera figuras que en su distribuçion cavsaren a dar la buelta de quadrado y dexaren fechas alguna manera de mesas y DESCANSADEROS sobre que se an de formar las bueltas como adelante se bera puestas por demostraçion de figuras.

³³ Diego LÓPEZ DE ARENAS, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco ...*, p. 98.

³⁴ Condiciones para la galería de la delantera principal, transcritas en Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, pp. 437-38.

³⁵ Condiciones para la galería de la delantera principal, *ibid.*, p. 440.

³⁶ Contrato y condiciones para la obra de albañilería de la escalera, de 26 de Marzo de 1596, en Lázaro GILA MEDINA, «La arquitectura en Granada a fines del siglo XVI: la escalera del convento de Santa Cruz la Real», *Cuadernos de Arte*, 1992, p. 181.

Covarrubias 1611:307 v. DESCANSO, en las escaleras, las mesas que se hazen de tantos en tantos escales para descansar.

DESPEZAR, *despeçar*. Dividir un elemento constructivo en las diferentes piezas necesarias para su ejecución.

*Dss. fortaleza Piedrabuena 1567*³⁷ como los pasos de la escalera principal avian de ser de pura piedra y buena cantería y porque no se podran hallar enteros seran DESPEÇADOS que hagan sus ligaçones. *Dss. Escorial 1570*³⁸ la qual faxa contiene en si parte de antepecho la qual sera DESPEZADA segun paresce por un modelo que para ello esta hecho *Martínez de Aranda c. 1600:223* Supongo que la figura T es planta por cara del dicho paso plano y lo quieres DESPEÇAR por la línea a. *Bails 1802:33* DESPEZAR Separar ó subdividir la planta de una obra de cantería en llas partes o cortes convenientes para su fácil manejo y trabazon.

DESPIEZO, *despieço, despeço, despezo*. Junta que separa piezas de un mismo elemento constructivo, p. ej. las dovelas de la misma hilada de una bóveda.

Sagredo 1526 [...] son necesarias mayormente la moldura alta : porque con ella se absconde la juntura que se causa entre el capitel y la columna [...] encubrir y absconder cuanto a ellos fuese posible : las juntas y DESPIEÇOS en sus obras. *Serlio / Villalpando 1552:IV, 9 Y* si acaso no se hallare piedra tan grande en tal necesidad, sera el Architraue o Linthel hecho de bolsores DESPEÇADOS como esta diseñado *Dss. Escorial 1566*³⁹ los tales destajero o destajeros prosigan la elecion que al presente esta hecha [...] por Juan Bautista de Toledo [...] y por todo en los gruesos y altos de los dichos pilares y los DESPIEÇOS dellos y en las bueltas de los arcos y arbotantes y gruesos de las dovelas y enxutas conforme a la dicha traça. *Martínez de Aranda c. 1600:223* tomaras el largo del dicho DESPIEÇO desde el punto 1 al punto 2 y este tamaño echaras en el cuadrado V desde el punto 3 al punto 4. *Rejón de Silva 1788:79* DESPEZOS O DESPIEZOS Las subdivisiones que se hazen en una obra de cantería para su fácil manejo y trabazón. *Bails 1802:33* DESPEZOS O DESPIEZOS Las subdivisiones o cortes de las piedras por donde se juntan unas con otras.

DESPOJO, *despoxo*. Botín. || Material de derribo que se puede aprovechar. || Línea que señala la parte que se ha de ROBAR en una pieza de cantería.

*Dss. Hospital de Granada 1549*⁴⁰ conbiene [...] ponerse todo este DESPOJO en horden para lo que bueno estubiese tornarlo a asentar. *Dss. fortaleza Piedrabuena 1567*⁴¹ Toda la dicha obra a de ser a costa del maestro o maestros que tomen la dicha obra que no se les ha de dar mas del dinero en que fuere rematada y algun DESPOJO si lo hubiere. *Martínez de Aranda c. 1600:111* de vnas líneas a otras tiraras los DESPOXOS que cavsaren los abançamientos de las dichas hiladas. *Rojas 1607*⁴² el que de los dos venciere tome primero los DESPOJOS de los enemigos muertos y huidos.

³⁷ Condiciones de Pedro de Ibarra para obras en la fortaleza de Piedrabuena de 22 de Abril de 1567, transcritas en Antonio NAVAREÑO MATEOS, *Arquitectura y arquitectos del siglo XVI en Extremadura: proyectos de obras de la Orden de Alcántara*, 1994, p. 155.

³⁸ Condiciones para la escalera del aposento real de prestado, de Agosto de 1570, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 254.

³⁹ Condiciones para los claustros chicos, redactadas por Pedro de Tolosa a partir de 7 de Mayo de 1566, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 156.

⁴⁰ Informe de Diego de Siloé tras el incendio del cimborrio del Hospital Real de Granada, en acta de 16 de Julio de 1549. Transcrito en Concepción FÉLEZ LUBELZA, *El hospital Real de Granada*, p. 106.

⁴¹ Condiciones de Pedro de Ibarra para obras en la fortaleza de Piedrabuena de 22 de Abril de 1567, transcritas en Antonio NAVAREÑO MATEOS, *Arquitectura y arquitectos del siglo XVI en Extremadura : proyectos de obras de la Orden de Alcántara*, 1994, p. 155.

⁴² Cristóbal de ROJAS, *Sumario de la milicia antigua y moderna*, p. 303 de la ed. de 1985.

DESQUIJADO, *desquixado*. Abocinado, con las jambas divergentes.

Martínez de Aranda c. 1600:163-164 Para traçar este dicho capialçado DESQUIXADO de arco contra dintel le formarás la planta como parece entre los angulos A. *Covarrubias 1611:312 v.* DESQUIXARAR Abrir por las QUIXADAS. *López de Arenas 1633*⁴³ lo que hubiere entre esta cola y la cabeza de cuadrado por la tabla le quitarás, metiendo las sierras en tan sólo un quinto, que es el grueso de la QUIJERA del nudillo.

DESQUIJO, *desquixo*. Línea divergente.

Martínez de Aranda c. 1600:69 tirarás el DESQUIXO de la dicha planta por lecho desde el punto m y haciendo lo mismo en la testa contraria quedará formada la dicha planta por lecho.

DESVIAR, *desbiar*. Distar, p. ej. una recta de un punto, de otra recta o de un arco. || Marcar un punto a una determinada distancia de una recta o arco como paso previo para trazar una recta o arco.

Martínez de Aranda c. 1600:41 tomarás en su xunta lo que DESBIA el arco A de la circunferencia E desde el punto a al punto b [...] este tamaño DESBIARAS por el lado de la planta B desde el punto C al punto d.

DESVIO, *desbio*. Distancia, p. ej. de una recta a otra.

Martínez de Aranda c. 1600:49 con el DESBIO que cavare la dicha línea por su mitad en la dicha circunferencia eso a destender dicha testa D echando el dicho DESBIO en la mitad de una línea tirada en blanco que se echara desde el punto 8 al punto 9. *Portor y Castro 1708:6* Para sacar las plantas las sacarás por la regla de DESBIOS adbiendo que los puntos de los DESBIOS an de ser por las dos serchas A B que no por las del torre redondo.

DIÁMETRO, *diamitro*. Segmento que tiene sus extremos en una circunferencia y pasa por su centro.

Sagredo 1526 DIAMETRO es el traço derecho que parte el círculo en dos metades iguales: el qual de necesidad ha de passar por el centro. *Martínez de Aranda c. 1600:75* echando los anchos de los bolsos y largo de xuntas con el desbio que cavaren los dichos plomos en los lados de la dicha planta galgandolos con el DIAMITRO F.

DIENTE. Elemento saliente en un arco o dintel. || Endeja, adaraja; elemento saliente que se deja en una fábrica para asegurar su unión con otra.

*Dss. Escorial 1566*⁴⁴ que en los dichos troços haga DIENTES o despieços para las trabaçones *Dss Escorial 1569*⁴⁵ así en el anchura de las dobelas de DIENTE que terna cada una de ellas pie y quarto de pie de paramento. *Martínez de Aranda c. 1600:79* la circunferencia D sirbe para la cara v DIENTE del dicho arco que son las líneas E *Ibid 123* la distancia que ay entre las líneas B es el DIENTE del dintel que sirbe en la monteá por la línea C.

⁴³ Diego LÓPEZ DE ARENAS, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco ...*, p. 98 de la ed. de 1997; María Ángeles TOAJAS ROGER, en el Léxico de dicha edición, p. 308, define QUIJERA como «Forma del extremo de un madero, parte de cuyo grueso ha sido escopleado para ensamblar con otro».

⁴⁴ Condiciones para los claustros chicos, redactadas por Pedro de Tolosa a partir de 7 de Mayo de 1566, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 120-157.

⁴⁵ Condiciones para las bóvedas de la iglesia de prestado de 15 de Enero de 1569, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 227.

DIFINITION, difinicion. Lema; demostración o procedimiento auxiliar que prepara el camino para otro más complejo u operativo.

Martínez de Aranda c. 1600:113 DIFINITION primera muestra entrar bolsos en cuadrado y Robarlos así por quadrado como por çircunferençia. *Covarrubias 1611:318 v.* DIFINIR. Determinar [...] DIFINICION, sentencia o determinación [...] Sentencia definitiva, la que termina la causa principal, a diferencia de la interlocutoria.

DINTEL, lintel. Pieza de directriz recta e intradós plano empleada para cubrir un vano; puede ser enteriza o despiezada con juntas convergentes; en este último caso recibe también el nombre de «arco adintelado». || Testa de un CAPIALZADO de directriz recta.

Sagredo 1526 [...] que hizo, formo en el pretil las mismas molduras que en las jambas y el LINTEL [...] *Serlio / Villalpando 1554:16 v* mas el Architrabe de encima que esta por LINTEL *Martínez de Aranda c. 1600:161-162* Para traçar este dicho capialçado de arco contra el DINTEL le formaras la planta como parece entre los quatro angulos **A** y asimismo formaras el arco **B** que sirve de testa para el lado de la planta **C** y el DINTEL **D** sirve de testa para el lado de la planta **E** *Covarrubias 1611:486 r.* [...] pies derechos de las puertas o ventanas, por ser como piernas que sustentan el LINTEL. Jambas y gambas todo es uno.

DISMINUIDO, disminuydo. Arco en el que una de las jambas es más ancha que otra.

Vandelvira c. 1580:19 r. Arco DISMINUIDO. Este arco sirve cuando acontece [haber en un lado] un pilar mas grueso que en el otro y es necesario hacer un arco que corresponda a entrambos pilares. *Martínez de Aranda c. 1600:18* Arco DISMINUIDO y dibidido en dos. Para traçar este dicho arco le formaras la planta como parece en la traça que benga a estar el vn lado dibidido desde la mitad de la clabe y por las dos testas de afuera an de quedar con la forma que parece en el arco **A**.

DISTANCIA, distançia. Longitud del segmento de recta que une dos puntos.

Rojas 1598:5 v. se haga el círculo **A C D** y de la misma manera centro el punto **B** con la misma DISTANCIA **B A** se escriua el círculo **BC E** *Martínez de Aranda c. 1600:80* la çinbria del diente se a de sacar con el alto de los plomos del arco **D** y con las DISTANÇIAS que vbiere de vnos plomos a otros en la linia **E** como se hiço en el arco preçedente.

DOVELA, dobela. (fr. *doyle, douelle, doëlle, douvelle*). Cada una de las piezas en forma de cuña que forman un arco ó boveda de piedra.

*Dss. Catedral Salamanca 1522*⁴⁶ [...] las ventanas de las capillas mayores que tendran veinte pies de alto con su buelta de sus bolsos y orveria de manera q. la forma de las capillas mayores venga la DOVELA de la forma sobre el arco de la ventana [...] *Martínez de Aranda c. 1600:24* para labrar las DOBELAS de las dichas pieças sera menester formar vn arco encoxido en la linia del xuzgo **D** como se hico en el dicho arco biaxe contra biaxe por cara *Rejón de Silva 1788:83* DOVELA La piedra labrada en figura de cuña con el corte arreglado á la forma que debe tener el arco que se cierra con ellas.

EDIFICIO. Cualquier construcción, como casas, templos, fortalezas o ciudades.

Alberti / Lozano 1582:5 componer y ayuntar los angulos, con los cuales se comprehenda y concluya la forma del EDIFICIO [...] dar a los EDIFICIOS y partes de los EDIFICIOS lugar

⁴⁶ Informe de Juan de Badajoz y Francisco de Colonia de 3 de Agosto de 1522, transcrito en Fernando CHUECA GOITIA, *La catedral nueva de Salamanca*, p. 47.

conueniente, y numero cierto, y digno modo, y agradable orden. De suerte *que* toda la forma y figura del EDIFICIO *consista* en los mismos lineamentos [...] *Martínez de Aranda c. 1600:iii* los sabios Arquitectos antiguos *que* escribieron en el arte de Arquitectura y la experimentaron en grandes EDIFICIOS *que* al presente ay fechos. *Covarrubias 1611:333 r.* EDIFICAR. Vale hazer casas, templos, alcaçares, lugares, del verbo latino *ciuitates aedifico, as, aedes construo nam ab aede, vel aedibus construendis dictum est.* [...] EDIFICIO. Qualquiera fabrica.

ENCOGER, encoxer. Construir un arco elíptico peraltado partiendo de uno de medio punto de la misma altura y mayor luz.

Martínez de Aranda c. 1600:4 supongo *que* *que* el arco P quieres ENCOXER sobre la línea Q tomaras las alturas de los plomos del arco P y con las distancias *que* vbiere de vnos plomos a otros en la dicha línea Q formarás el arco yndulçido R.

ENCOGIDO, encoxido.

Arco encoxido. Arco elíptico peraltado.

Martínez de Aranda c. 1600:17 las caras de los bolsores se an de labrar de cuadrado con la forma *que* tubiere el arco ENCOXIDO tirado en blanco D este dicho arco se a de formar con el altura de los plomos del arco A y con las distancias *que* cavsaren los dichos plomos vnos de otros en la línea B.

ENDULCIDO, endulçido, yndulcido, aduldido (fr. *adoucie*). Arco o curva obtenidos uniendo una serie de puntos, tomándolos de tres en tres con el compás o por otro método.

Vandelvira c. 1580:18 v. Divide el mayor en partes iguales y mientras mas partes los dividieres mas ADULCIDA saldra la cercha. *Martínez de Aranda c. 1600:1* con las distancias *que* vbiere de vnos plomos a otros en el arco grande A formarás el arco ENDULÇIDO C. *Ibid. 74-751* Para traçar este dicho arco por esquina y por Rincon le formarás el arco A de suerte *que* el lado B sea vn cuarto de çírculo y el lado C se a destender ENDULÇIDAMENTE como pareçe en el dicho arco.

ENGAUCHIDO, engavchido, engaychido, ganchez, gaucho (fr. *gauche*). Dícese de las superficies regladas alabeadas.⁴⁷

*Dss. Escorial 1571*⁴⁸ sin que aya rosa ni fealdad ninguna ni GANCHEZ ninguno para que la elecion se haga como conbiene labradas y muy bien trinchantadas. *Martínez de Aranda c. 1600:46* de vnas testas a otras las labrarás a Regla plantando la Regla de quadrado *que* bengan a quedar por las caras ENGAYCHIDOS. *Ibid 222* Difinition tercera muestra sacar ENGAVCHIDOS por línea

⁴⁷ Fernando GARCÍA SALINERO, *Léxico de alarifes de los siglos de oro*, Madrid, Real Academia Española, 1968, p. 106 da «Inclinado, oblicuo // Esviaje», basándose en Fray Laurencio de SAN NICOLÁS, *Arte y uso de Arquitectura*, f. 198: «Y la Y V denotan el VIAJE o ENGAUCHIDO que ha de tener el mismo occino o tiro (de la escalera) ...» pero lo que sucede es que en Fray Laurencio «viaje» vale tanto por ESVIJE como por ALABEO mientras que «engauchido» tiene el valor de ALABEO. En Martínez de Aranda las cosas están más claras: *engaychido* es ALABEO y *viaje* quiere decir ESVIJE. Por otra parte, es preciso tener en cuenta que «dégauçhir» quiere decir en el francés de nuestros días exactamente lo contrario de lo que significaba en la época de Derand. Cf. *L'architecture des voutes*, f. 5: «dégauçhir vne pierre, c'est [...] luy donner vn lit ou parement tellement disposé que les extremités des angles opposez diagonalement l'vn a l'autre, paroissent à l'oeil [...] plus éleuées l'vne que l'autre» con V. ALADENISE, *Taille de pierre, technologie*, p. 3 de la ed. de 1991: «Dégauçhir: le dégauchissage consiste, en bornoyant, à obtenir au moyen d'une ou deux règles, une surface plane». V. también *ibid.* p. 64.

⁴⁸ Condiciones para la obra de los nichos del jardín, de 15 de Abril de 1571, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 258.

concuRiente *Rejón de Silva 1788:77* DESENGACHAR Poner una superficie plana, que estaba oblicua, a nivel perfectamente. *Ibid. 89* ENGAUCHIDO Lo mismo que inclinación ú obliquidad *Bails 1802:50* GAUCHO, CHA. Se aplica a la superficie que no tiene cuatro ángulos en el mismo plano.

ENGAUCHIR, *engavchir*. Dar forma alabeada a una superficie.

Martínez de Aranda c. 1600:222 Supongo que la figura P es la planta por cara de la pieza v hilada que vbieres de ENGAUCHIR *Portor y Castro 1703* Capialzado ENGAUCHIDO por plantas.

ENJUTA, *enxuta, ynjuta*. Paño de fábrica con forma de triángulo cóncavo y mixtilíneo entre los riñones de dos arcos contiguos.

*Dss. Escorial 1566*⁴⁹ prosigan la elecion que al presente esta hecha [...] y por todo en los gruesos y altos de los dichos pilares y los despieços dellos y en las bueltas de los arcos y arbotantes y gruesos de las dovelas y ENXUTAS conforme a la dicha traça. *Martínez de Aranda c. 1600:111* el abançamento de las ENXUTAS que hiçieren las hiladas en la parte H se formaran como pareçe en la figura I y los abançamentos de las dichas ENXUTAS cavsaran los despoxos que pareçen en la parte L y si quisieres haçer las pieças destas dichas ENXUTAS por planta en las xuntas las formarás como pareçe en la figura M. *Covarrubias 1611:357 r.* ENXUTAS, cerca de los arquitectos, son los lados que causa el circulo dentro del cuadrado, por ser dos triangulos recogidos y ENXUTOS a causa de la curvidad del de la linea del circulo que los forma. *Rejón de Silva 1788:89* ENJUTA. La parte a manera de triangulo mixtilíneo que queda entre la mitad del arco, la cornisa y la pilastra o columna.

ESCARZANO, *escarçano, escaçano, escaçan*.

Arco escarzano, *escarçano, escaçano*. Arco rebajado formado por un segmento circular menor que la semicircunferencia de forma que el centro está por debajo de la línea de impostas y las tangentes en los arranques son inclinadas.

*Dss. fortaleza de Azagala 1545*⁵⁰ porque la puerta de la boveda que esta debaxo de la torre de los humos no tiene ESCAÇAN y esta caydo. *Serlio / Villalpando 1552:13* Aquella manera de puerta se llama ESCARÇANA que viene a ser de la sesta parte un circulo o redondo. *Vandelvira c. 1580:18* Tres maneras de arco se hallan en el romano a medio punto que es el señalado con la A y sarpanel señalado con la B y ESCARÇANO señalado con la C. *Martínez de Aranda c. 1600:82* la çircunferençia E es figura del arco ESCAÇANO C sirbe para tomar los capialços que cavsaren las xuntas entre los arcos A C. *Bails 1802:6* ARCO ESCARZANO Aquel cuyas dovelas se dirigen al vértice de un triángulo equilátero , y forma una vuelta que no llega al semicírculo.

ESQUINA. Arista saliente en un elemento constructivo, p. ej. en el intradós de un arco o en el encuentro entre dos muros.

Martínez de Aranda c. 1600:77 [...] arco A en çimiçirculo que sirbe de testa para el lado de la planta que haçe ESQUINA *Covarrubias 1611:71 r.* [...] entre los architectos llaman angulos la concurrencia de dos paredes, que por defuera se llaman ESQUINAS y por dedentro rincones *Ibid:381 r.* ESQUINA. Latine angulus exterior el angulo exterior, que se causa de la junta de dos paredes. *Bails 1802:5* Angulo [...] La línea común a dos paredes que se encuentran. El ángulo de la parte de afuera se llama ESQUINA; el de la parte de adentro, rincon. [...] ESQUINA El ángulo saliente o exterior de un edificio, sillar, etc.

⁴⁹ Condiciones para los claustros chicos, redactadas por Pedro de Tolosa a partir de 7 de Mayo de 1566, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 156.

⁵⁰ Condiciones para obras en la fortaleza de Azagala, transcritas en Antonio NAVAREÑO MATEOS, *Arquitectura y arquitectos del siglo XVI en Extremadura : proyectos de obras de la Orden de Alcántara*, 1994, p. 51.

EXENTO, esento. Pieza aislada, que no apoya en un muro; dicese de las escaleras de caracol sin caja.

Vandelvira c. 1580:51 v. Declaracion del caracol EXENTO. Ofrecese algunas veces haber de hacer un caracol para subir a algun organo u a otra parte que sea menester que no embarace por la angostura que puede haber, el cual se podra hacer EXENTO alrededor de una columna [...] *Martínez de Aranda c. 1600:243* Para traçar este dicho caracol ESENTO alRededor de vn macho Redondo capialçado en çircunferençia le formaras la planta como pareçe entre las çircunferençias A B la çircunferençia A es el macho del dicho caracol y la çircunferençia B es la testa *que* lleban los pasos del dicho caracol por la parte de afuera.

EXTENDER, estender. Aplicar una transformación geométrica que aumenta de tamaño una figura, como un desarrollo, una proyección o una transformación afín. || Construir un arco elíptico rebajado partiendo de uno de medio punto de la misma altura y menor luz.

Martínez de Aranda c. 1600:3 Formaras el arco M en çimiçirculo supongo *que* lo quieres ESTENDER sobre la linia en biaxe N tomaras las alturas *que* tubieren los plomos en el dicho arco M y con estas alturas y con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en la dicha linia N formaras el arco O coxiendo todos los puntos de las alturas de los dichos bolsos con la çircunferençia *que* quavsaren. *López de Arenas 1633*⁵¹ se haga el diámetro siete partes y tendrás por regla más aproximada que el EXTENDIMIENTO del círculo tendrá veintidós.

ESCALERA. Elemento arquitectónico diseñado para salvar un desnivel por medio de peldaños.

Martínez de Aranda c. 1600:iv en la primera tratare de arcos dificultosos en la segunda de capialçados y puertas en la terçera de caracoles y ESCALERAS en la cuarta de pechinas y bobedas en la quinta de capillas y ochabos. *Dss. Fortaleza de Azagala 1629*⁵² ESCALERA de usillo de canteria.

ESTRIBO, estrivo, restribo. Elemento estructural con forma de machón que se dispone contra un arco, bóveda, pared o terraplén para contrarrestar su empuje.

*Dss. Catedral de Salamanca 1522*⁵³ ESTRIBO del crucero de hacia S. Sebn. tiene necesidad de agrandarlo. *Dss. Casa de los Miradores Granada 1560*⁵⁴ ternan a los lados los dichos arcos sus ESTRIBOS [...] terna cada ESTRIBO seys pies y medio de ancho, ternan los arcos a nube pies de claro cada vno [...] *Martínez de Aranda c. 1600:5* lo *que* vbiere desdel punto b al punto c eso tendra de RESTRIBO este dicho arco çimiçirculo *Covarrubias 1611:388 v.* En las murallas y paredes fuertes, para assegurarlas mas, suelen arrimarles otro pedaço de pared, y esta llaman ESTRIVO, Porque ESTRIVA en ella la pared, quando dedentro rempuja en terrapleno, el arco o la bóveda. ESTRIVAR, hacer ESTRIBO y fuerça en alguna cosa que apoya. *Bails 1802:45* ESTRIBO La fábrica que apea una bóveda; el machón que apea un arco.

GALGA (fr. *jauge*, l. *gallicus*). Regla que se usa para transportar medidas mediante muescas o por otro procedimiento. || Altura de las hiladas de piedra de una fábrica.

*Dss Salvador de Úbeda 1540*⁵⁵ a de ser todo esta dicha obra [...] de parte a parte labrada e asentada por sus hiladas de una mesma GALGA. *Dss. Escorial 1566*⁵⁶ Veinte pieças para los

⁵¹ Diego LÓPEZ DE ARENAS, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco*, p. 245 de la ed. de 1997.

⁵² Antonio NAVAREÑO MATEOS, y Francisco M. SÁNCHEZ LOMBA, *Aportaciones a la historia de la arquitectura en Extremadura. Repertorio de artistas y léxico de alarifes*, Glosario.

⁵³ Fernando CHUECA GOITIA, *La catedral nueva de Salamanca*, p. 58.

⁵⁴ Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento Español*, p. 196 de la ed. de 1983.

⁵⁵ Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento Español*, p. 186 de la ed. de 1983.

pedrestales de los pilares rincones del claustro mayor conforme a los contramoldes e GALGAS que se les dieran [...] quarenta pieças para los pilares [...] conforme a la GALGA y contramoldes que se les diere. *Ibid* 1569⁵⁷ las dos hiladas de GALGA menor las alturas de ellas se declarara en la montea.

fábrica a una galga Aquella en la que los sillares son de igual altura y por tanto las hiladas van a nivel.

*Dss. Catedral Salamanca 1522*⁵⁸ los pilares torales [...] an de ser macizos de sus piezas GALGADAS en manera [alguna] de rípiazón e todo a un nivel o una GALGA.

GALGAR (fr. *iauger*). Trazar paralelamente a otro elemento. || Colocar a nivel. || Enjarjar, trabar.

Martínez de Aranda c. 1600:6 tomaras el ancho de su bolsor en el arco A desde el punto a al punto b y este tamaño lo GALGARAS con la línea c y la *que* se GALGARE sera la línea E. *Portor y Castro 1708:18 v.* [...] lo primero GALGARAS el paso a el altura *que* demuestra tener cada uno como parese entre las líneas G H.

GANAR.

Ganar el viaje, *ganar el biaxe*. Compensar el esviaje de un arco en una o unas pocas dovelas, resolviendo las demás como un arco regular.

Martínez de Aranda c. 1600:17 en las dos primeras hiladas se a de GANAR EL BIAXE Robando las piecas.

GARROTE, *gaRote*. Discontinuidad entre las caras vistas de dos sillares o dovelas contiguas, bien por defecto en la colocación de las piezas, bien por movimientos de la fábrica posteriores a la colocación.

Martínez de Aranda c. 1600:73 si este dicho arco por haçer tanto biaxe hiçiere la primera xunta algun xenero de GARROTE subiras la primera planta por cara fuera de su simetria la beyntana parte del ancho de su bolsor. *Bails 1796:381* Es pues [...] el arco carpanel una semiellipse [que] se compone de arcos de círculo [...] cuyos centros están en distintos puntos, lo que proporciona entre dichos arcos una unión tan cabal, que su agregado forma una curva continua sin GARROTE. *Bails 1802:50* GARROTE Recodo o rincón que forma, en el parage donde se juntan, los arcos que componen otro mayor: entonces se dice que estos arcos forman GARROTE. Se echa de ver que el GARROTE es un defecto; pues el arco total no parece entonces, como debe, una curva continua, y suele repararse en los arcos apaynelados, que, según se dixo, se forman de muchos arcos.

GEOMETRÍA, *xeometria*. Parte de las matemáticas que trata de las propiedades y medida de las figuras extensas.

Hernán Ruiz 1560:12 v. GEOMETRIA se conpone de dos verbos GEO y METRIA GEO por la tierra METRIA por la medida que quiere dezir tanto como medida de tierra. GEOMETRIA es una de las siete artes liberales una de las partes de arquitectura. *Martínez de Aranda c. 1600:v* asi es mas eçelente traça la *que* en pocas palabras tiene ençeRados muchos y notables puntos de XEOMETRIA.

⁵⁶ Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 147.

⁵⁷ Condiciones para pilares del claustro mayor, de Agosto de 1569, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 239.

⁵⁸ Informe de Juan de Badajoz y Francisco de Colonia de 3 de Agosto de 1522, transcrito en Fernando CHUECA GOITIA, *La catedral nueva de Salamanca*, p. 47.

HILADA. Conjunto de sillares o ladrillos de una fábrica situados a la misma altura, que se colocan ayuda de un hilo horizontal tenso entre dos miras; cuando el hilo se sube, comienza una nueva hilada. || Peldaño empotrado en un machón.

Martínez de Aranda c. 1600:234 - 235 Para traçar este dicho caracol en buelta en circunferençia de HILADAS atrabesadas alRededor de vn macho Redondo [...] si estas dichas HILADAS atrabesadas quisieres despeçar las despeçaras unas en çinco pieças y otras en tres supongo *que* este paso se despeço en tres pieças como pareçe en los despeços G.

Hiladas atravesadas, atrabesadas. Peldaños empotrados en un machón y enjarjados con el anterior y el siguiente.

Martínez de Aranda c. 1600:234 Para traçar este dicho caracol en buelta en circunferençia de HILADAS ATRABESADAS alRededor de vn macho Redondo le formaras la planta como pareçe entre las dos çircunferençias A B.

Hiladas concurrenientes, concuRientes. Peldaños empotrados en un machón que no van enjarjados con el anterior y el siguiente.

Martínez de Aranda c. 1600:236 Para traçar este dicho caracol en buelta con el çeRamiento plano a Regla de HILADAS CONCURRIENTES alRededor de vn macho Redondo le formaras la planta como pareçe entre las çircunferençias A B.

HORNO.

Vuelta de horno, buelta de horno. Bóveda semiesférica o en cuarto de esfera.

Dss Escorial 1570 ⁵⁹ que las dhas capillas se hagan A BUELTA DE HORNO dulces sin que haga rincon ni arista ni fealdad alguna. *Martínez de Aranda c. 1600:61* circundaras la buelta de horno en el lado de la planta B y con el çintrel de la dicha BUELTA DE HORNO circundaras vn pedaço de çircunferencia C puesto el çintrel en el nibel del diametro D esta çircunferençia sirbe para ber lo *que* abançan las hiladas en la buelta de horno. *Bails 1802:55* HORNO Fábrica con bóveda esférica o elíptica para cocer pan, masas, & c. *Ibid 109* VUELTA DE HORNO. Lo mismo que bóveda esférica.

HUELLA, huello, guella. Parte horizontal del peldaño en la que se apoya el pie.

Martínez de Aranda c. 1600:222 con este tamaño echaras la tirantez de los lechos desde el punto 3 al punto 8 y desde el punto 6 al punto 9 de manera *que* le viene a quedar de HUELLO al dicho paso la distançia *que* vbiere desde el pu[nto] 9 al punto 5 y tendra de alto el dicho paso la distançia *que* vbiere desde el punto 5 al punto 10. *San Nicolás 1633:117-117 v.* La proporción en que ha de estar el altura del escalon con la GUELLA [...] es figura que propiamente llamamos triangulo rectangulo en Geometria [...] de suerte, que si la GUELLA tuuiere diez y seis dedos de alto, ha de tener doze, que en termino mas breue, es vna tercia de GUELLA.

HUSILLO, caracol de husillo. Escalera helicoidal de machón central de directriz recta.

Dss Salvador de Úbeda 1540 ⁶⁰ [...] a de aver en estas dos pieças dos escales de HUSYLLO [...] que terna cada uno de ancho en cada paso tres pies [...] *Martínez de Aranda c. 1600:227* Para trazar este dicho CARACOL DE HUSILLO le formarás la planta circular como parece en la circunferencia A.

⁵⁹ Condiciones para las bóvedas del refectorio de 1 de Marzo de 1570, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 225.

⁶⁰ Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento Español*, p. 188 de la ed. de 1983.

IMAGINACION, ymaxinaçon. Idea de arquitectura concebida en mente, antes de llevarla al papel. || Proyección geométrica.

Vandelvira c. 1580:3r. Línea que en español llamamos raya y entre canteros trazo es una cosa que se IMAGINA según longura y sin anchura, los extremos y fines de la cual son dos puntos. *Martínez de Aranda c. 1600:85* Para traçar este dicho arco en Rincon de cavstria le formarás el arco A en cimicirculo *que* es YMAXINAÇION de la buelta de la bobeda. *Covarrubias 1611:496 v.* También llamamos idea la IMAGINACION que traçamos en nuestro entendimiento, como el arquitecto que traça una casa o otro edificio lo fabrica primero en su entendimiento y despues la executa en la planta y montea que es el exemplar por donde los oficiales se rigen despues, y esta llaman traça.

INDUSTRIA, yndustria. Habilidad, facilidad para hacer un trabajo con rapidez y sin esfuerzo aparente. || Tapial.

Alberti / Lozano 1582:1 Nuestros antepasados nos dexaron muchas y diversas artes adquiridas con INDUSTRIA y diligencia. *Martínez de Aranda c. 1600:iv* los mismos Artífices aunque prometan su prudencia si no son Ricos y mui faboreçidos y bien hablados no pueden alcançar avturidad conforme a la YNDUSTRIA de sus estudios para *que* se crea *que* saben *aquello que* profesan. *Covarrubias 1611:503 r.* INDUSTRIA. Es la maña, diligencia y solercia con que alguno haze cualquier cosa con menos trabajo que otro [...] INDUSTRIOSO, el que tiene maña para hacer lo que quiere con promptitud y liberalidad.

INTENTO. Propósito, intención, plan, empeño.

Martínez de Aranda c. 1600:v en esto sienpre tube cuydado y prencipal INTENTO de contra haçer las dichas traças y ponerlas por modelos antes de ponerlas por escritura. *García Berruguilla 1747:Prólogo* entrando en la plaza de Segovia de Peregrino, dixese se arruinaria la Capilla del señor San Frutos, la cual estaba yà acabada por afuera; otros tengo sentenciados, en acabandolos lo veràn, si no mudan de INTENTO.

JUNTA, xunta (fr. *ioinct*). Espacio que queda entre las superficies de dos piezas o ladrillos contigüos en una fábrica y que rellena el mortero. || Cada una de estas superficies.

Vandelvira c. 1580:8r. luego echaras el altura de la tardosa desde la planta primera, donde se crucen las dos cerchas, tirar una linea a la JUNTA de la primera planta, y aquella es la saltarregla de la JUNTA señalada con la I. y por esa misma orden has de sacar las demas saltarreglas de esas otras JUNTAS. *Martínez de Aranda c. 1600:89* supongo *que* quieres sacar la planta por lecho E tomaras en su XUNTA el desbio *que* vbiere entre los arcos A C desde el punto 1 al punto 2.

JUSTO, xusto. Exacto; dícese de la pieza ejecutada con precisión || Apretado, que ajusta bien con una cosa.

Dss Escorial 1573 ⁶¹ los lechos JUSTOS e juntos con los baybeles y las juntas JUSTAS que no bayan bagantes.

Al justo. Con exactitud, con el debido tamaño y proporción.

Sagredo 1526 los architetos griegos [...] cubrian la fealdad de las cortaduras de las vigas con unas tablitas *que* ponian delante cortadas AL JUSTO. *Dss Escorial 1564* ⁶² [se dispone que Juan Bautista de Toledo] haga tomar AL JUSTO las medidas de los largos y anchos de todo el aposento de Su Majestad.

⁶¹ Contrato para las bóvedas del piso bajo del Patio de los Evangelistas de 2 de Septiembre de 1573, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 356.

⁶² Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 83.

Plantar al justo, *plantar al xusto*. Labrar una pieza de cantería mediante plantillas que representan sus caras en verdadera magnitud permitiendo así operar directamente y no **por robos**.

Martínez de Aranda c. 1600:7 desta manera se an de sacar todas las demas plantas por cara para PLANTARLAS AL XUSTO.

JUZGO, *xuzgo*. Construcción geométrica que sirve de base a otra.

Martínez de Aranda c. 1600:8 Para traçar este dicho arco disminuydo por testa le formaras el arco A en çimiçirculo *que* sirbe de XUZGO para tracar lo demas *Martínez de Aranda c. 1600:38* las quales dichas plantas por lechos y por caras se an de sacar con el XUZGO de las linias tiradas en blanco que salieren en angulo Reto de las xuntas *que* atrabiesan la planta.

LABRAR. Trabajar un material dándole la forma conveniente para su uso. || Dar a los bloques de piedra que llegan de la cantera la forma conveniente para su empleo en la obra.

Martínez de Aranda c. 1600:11 para Robar las pieças deste dicho arco las Robaras desta manera supongo *que* quieres Robar el bolsor E lo LABRARAS primero de quadrado con la forma *que* pareçe entre los quatro puntos 1 2 3 4 *que* tenga de grueso lo *que* tubiere de ancho la planta. *Covarrubias 1611:511 r.* LABRAR: Es lo mesmo que obrar, pero son diferentes las labores [...] porque comprehende las obras mecanicas y otras que no lo son [...] LABRAR piedra toca a los canteros, y a los que hacen muros y paredes de piedra, que otros llaman pedreros. Al que entalla las piedras decimos LABRANTE [...] *Rejón de Silva 1788:125* LABRAR Cortar y trabajar las piedras conforme á la figura y molduras que hayan de llevar en un edificio [...] LABRAR Lo mismo que edificar, construir. *Bails 1802:58* LABRAR Desbastar los sillares, trabajarlos, y darles la figura y forma conveniente para emplearlos en una fábrica.

LECHO (l. *lectus*). Superficie de un sillar o dovela, sobre la ha de asentar otra pieza. La superficie de otra pieza que ha de apoyar sobre ella se llama sobrelecho, porque sobre el lecho está.

Martínez de Aranda c. 1600:114 Robandolo por el LECHO alto con el robo a y por el tardos con el Robo b y por la cara con el Robo c y por el LECHO baxo con el Robo d. *Rejón de Silva 1788:127* LECHO La superficie superior horizontal de una piedra, que ha de servir de asiento á otra; y la inferior que sobre ella se asienta se llama LECHO, y con esta distinción igualmente se explican los LECHOS, aunque oblicuos, por las tiranteces de las dovelas de un arco, y su clave.

LINEA, *linia*, *linia reta* (l. *linea*). Segmento de recta.

Vandelvira c. 1580:3r. LINEA que en español llamamos raya y entre canteros trazo es una cosa que se imagina según longura y sin anchura, los extremos y fines de la cual son dos puntos. *Martínez de Aranda c. 1600:1-2* sacaras vnas LINIAS paralelas *que* toquen en los plomos *que* baxaren de los puntos de la çircunferençia grande.

Línea en blanco. Línea auxiliar.

Martínez de Aranda c. 1600:4 echaras en las alturas de los dichos plomos vnas linias EN BLANCO a nibel. *Portor y Castro 1708:1* Y con este tamaño echaras una línea EN BLANCO paralela con la línea H [...] be aora a la línea 8 hechas se EN BLANCO con este tamaño y echalo desde el punto 3 a el punto 4.

LINEAMENTO, *liniamento* (l. *lineamentis*). Dibujo o diseño de un cuerpo o elemento de arquitectura.

Alberti/Lozano 1581:5 Todo el negocio del edificar esta constytuido en LINEAMENTOS y fabrica, toda la fuerça y razon de los LINEAMENTOS se resume en que aya derecho y absoluto camino de

componer y ayuntar las líneas y los ángulos, con los cuales se comprenda y concluya la forma del edificio. *Martínez de Aranda c. 1600:iii* los sabios Arquitectos antiguos *que* escribieron en el arte de Arquitectura y la experimentaron en grandes edificios *que* al presente ay fechos no pusieron en plática los LINIAMENTOS de las traças de monte.

MACHO, machon. Pilar o elemento sustentante de fábrica. || Núcleo o nabo de una escalera de caracol.

Martínez de Aranda c. 1600:227 Para traçar este dicho caracol de husillo le formarás la planta [...] y asimismo formarás el MACHO del dicho husillo. *Rejón de Silva 1788:131* MACHON Un cuerpo de fábrica de albañilería o cantería, unas veces es exento, otras unido a las paredes en sus extremos, ángulos o intermedios. *Portor y Castro 1708:18 v.* Caracol de MACHO en una planta esférica.

MESA (l. *mensa*). Porción horizontal de una escalera desde la que se accede a un piso.

Dss. Escorial 1571 ⁶³ en esta escalera a de aber dos MESAS que terna de ancho cada una ocho pies. *Martínez de Aranda c. 1600:219* Escaleras son todas qualesquiera figuras que en su distribución cavaren a dar la buelta de quadrado y dexaren fechas alguna manera de MESAS y descansaderos sobre que se an de formar las bueltas. *Rejón de Silva 1788:139* MESA El sitio llano en que remata una escalera o gradería.

MIEMBRO, mienbro. Elemento de un edificio. || Moldura elemental, como el filete o el bocel, que forma parte de una moldura más compleja.

Alberti/Lozano 1582:7 Particion es la que parte la area de toda la edificacion en areas menores, de donde es, que como de MIEMBROS aplicados y compuestos en vno, todo el cuerpo del edificio este lleno de edificios menores. *Ibid. 205* Los MIEMBROS de los ornamentos son estos, la faja, dentello, grado, ouolo, bastoncillo, el canaleta, la gola o entablado. Todo MIEMBRO es un tal lineamento *que* se relieva y sale a fuera [...] *Martínez de Aranda c. 1600:221* tomarás lo *que* le cabe a cada MIEMBRO de la dicha moldura por la dicha línea H y con estas alturas y los desbios *que* tubieren los dichos MIEMBROS en el dicho molde F formarás el molde estendido I y para estender la dicha moldura a nivel por la línea L tomarás lo *que* les cabe a los MIEMBROS de la dicha moldura por la dicha línea L y con estas alturas y los desbios *que* tubieren los dichos MIEMBROS en el dicho molde F formarás el molde estendido.

MODELO (l. *modus*, it. *modello*). Maqueta, representación a escala reducida de un edificio o elemento arquitectónico o constructivo. || Dibujo destinado a dirigir la ejecución de una obra.

Dss. Escorial 1562 ⁶⁴ mañana sabado quedara muy poco por acabar del suelo del MODELO demas que tiene labrados y se van labrando otros maderos y piezas - para el - *Ibid. c. 1565* ⁶⁵ para las demas rejas [...] hizo Joan Baptista el rascuño [...] se quedo haciendo el MODELO en palo y verna aqui para hacerse en fierro. *Dss. Santa Cruz la Real de Granada 1596* ⁶⁶ [...] la obra de la dicha

⁶³ Condiciones para la obra de los nichos del jardín, de 15 de Abril de 1571, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 257.

⁶⁴ Billeto de Pedro del Hoyo a Felipe II, 29 de Mayo de 1562, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 44.

⁶⁵ Minuta de Pedro del Hoyo a Felipe II, sin fecha, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 136.

⁶⁶ Contrato y condiciones para la obra de albañilería de la escalera, de 26 de Marzo de 1596, en Lázaro GILA MEDINA, «La arquitectura en Granada a fines del siglo XVI: la escalera del convento de Santa Cruz la Real», *Cuadernos de Arte*, 1992, p. 177.

escalera la a de hazer conforme a las tres traças padrones MODELOS y posturas que para el dicho efeto se han hecho y pintado y dibuxado las tres firmadas [...] *Dss. Catedral de Guadix 1598*⁶⁷ Conforme a la traça e MODELO que a dado pintado en un pliego de papel [...] *Martínez de Aranda c. 1600:iii* Asi como se a tenido perpetuo silencio en estas dichas traças de monte a si no me engaño los grandes artífices antiguos las an dexado para *que* los benideros tengan continuo exercicio en el traçar y contrahacerlas O por ser la diçiplina y estudio de ellas trabaxosa por aber destar los artífices continuamente asidos a la materia para ponerlas por MODELOS. *Covarrubias 1611:552 r* MODELO. Latine exemplar vel archetypus, como para hazer una torre o otro edificio el artifice. Armase toda aquella fabrica abreviada en una pieça pequeña, que della a la principal no huviesse mas diferencia que solo el tamaño o al reves, si de un gran edificio quisiesse hazer el dicho MODELO. *Rejón de Silva 1788:141* MODELO Edificio pequeño de barro, madera, carton, &c. que sirve de norma y exemplar para hacer otro grande con las mismas proporciones. *Bails 1802:67* MODELO Edificio pequeño de madera, cartón, &c. que representa el que se ha de fabricar, para dar a conocer el efecto que hará después de levantado, y guiar a los que han de dirigir la obra.

MOLDURA, moldira, molde. Elemento ornamental de sección constante, entrante o saliente, que se labra con ayuda de una plantilla positiva o negativa.

*Dss. Catedral Salamanca 1522*⁶⁸ los pilares torales nos parescen en las MOLDURAS de ellos son muy delgadas en gran cantidad para el altura y se deven hacer otros MOLDES de mayores cuerpos de MOLDURAS [...] *Sagredo 1526* Gula es una MOLDURA que tiene dos corvos contrarios el uno del otro [...] esta MOLDURA es dicha por los antiguos Syma y por los modernos papo de paloma. *Martínez de Aranda c. 1600:221* tomaras lo *que* le cabe a cada mienbro de la dicha MOLDIRA por la dicha linia H y con estas alturas y los desbios *que* tubieren los dichos mienbros en el dicho molde F formarás el MOLDE estendido I y para estender la dicha MOLDURA a nibel por la linia L tomaras lo *que* les cabe a los mienbros de la dicha MOLDURA por la dicha linia L y con estas alturas y los desbios *que* tubieren los dichos mienbros en el dicho MOLDE F formarás el molde estendido.

MONTEA (fr. *montée*). Alzado. || Trazado de arquitectura o construcción a tamaño natural, que comúnmente representa su despiece, de forma que se pueden obtener PLANTAS, baiveles y CERCHAS, y tomar las SALTARREGLAS necesarias para labrar las piezas de cantería. || Estereotomía, tomotecnia; ciencia y técnica que trata de la forma que debe darse a los sólidos para que se unan en un conjunto estable. || Altura o sagita de un edificio, objeto o elemento constructivo.

Rodrigo Gil c. 1550:25 se ara otro segundo andamio como S. Y este tan cuajado de fuertes tablonas, que en ellos se pueda traçar, delinear, y MONTEAR, toda la crueria ni mas, ni menos de lo que se ve en la planta. *Dss. Escorial 1565*⁶⁹ He myrado en la MONTEA que trujistes del costado del medio dia que esta herrado que como a la parte de los claustros ay 20 ventanas desde la torre de la botica hasta la de enmedio. *Ibid 1569*⁷⁰ como parece por las traças planta y MONTEA y perfil [...] las dos hiladas de galga menor las alturas de ellas se declarara en la MONTEA. *Martínez de*

⁶⁷ Escritura de obligación de Juan Caderas de Riaño, 1598, en Carlos ASENJO SEDANO, «Diego de Siloé en la Catedral de Guadix», en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, Universidad de Granada, 1977, p. 215.

⁶⁸ Informe de Juan de Badajoz y Francisco de Colonia de 3 de Agosto de 1522, transcrito en Fernando CHUECA GOITIA, *La catedral nueva de Salamanca*, p. 47.

⁶⁹ Carta de Felipe II a Pedro de Hoyo, 13 de Marzo de 1565, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 134.

⁷⁰ Condiciones para pilares del claustro mayor, de Agosto de 1569, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 239.

Aranda c. 1600:iii la necesidad *que* el arte de arquitecttura tiene destas dichas traças de MONTEA por ser preñcipal parte suya. *Ibid 123* la distançia *que* ay entre las linias B es el diente del dintel *que* sirbe en la MONTEA por la linia C y la linia E. *Rejón de Silva 1788:143* MONTEA Parte del arte de edificar, que enseña a dar la forma, proporción y cortes necesarios a las piedras, que se han de emplear en un edificio para su mayor firmeza y hermosura [...] La traza de la elevacion de un edificio, geometricamente en tamaño igual ó menor al que se ha de poner en obra [...] La altura de un arco o bóveda desde la imposta hasta la clave [...] MONTEAR Trazar geométricamente el alzado de un edificio, ó parte de él. Regularmente esta traza es de tamaño igual á la obra. *Bails 1802:68* MONTEA Parte de la Arquitectura que enseña el corte de los sillares para formar una fabrica, sea pared, arco, &c. [...] El dibuxo que se hace de una bóveda de tamaño natural en una pared o suelo para tomar las medidas y formas de sus diferentes partes [...] Lo que coge de alto un arco o bóveda desde su centro hasta su clave. Trazar la MONTEA de un arco o bóveda. Dibuxarla del mismo tamaño que se ha de fabricar, señalando las dovelas con sus diferentes juntas, caras y lechos, de modo que vengan bien unos con otros, y pueda sacar todas sus dimensiones el cantero.

NIVEL, *nibel*. Instrumento de topografía o asiento de cantería, albañilería o carpintería que permite comprobar si dos puntos o un segmento de recta están situados en un plano horizontal; en ocasiones está graduado, y permite medir el desnivel entre dos puntos. || Altura a la que una cosa alcanza, o a la que está colocada.

Rojas 1598:83 el Ingeniero [...] sera muy necessario, que tambien sepa encaminar las aguas al castillo, ò fortaleza [...] y para esto es muy necessario faber la fabrica, y distribucion de un NIUEL, para pesar, y NIUELAR el camino, ò distançia, que huuiere desde el nacimiento del agua, hasta el punto, y fuente, que se hara en el tal castillo. *Martínez de Aranda c. 1600:61* circundaras vn pedaço de çircunferencia C puesto el çintrel en el NIBEL del diamitro D.

A nivel, *a nibel*. En horizontal.

Vandelvira c. 1580:3-3v. de la recta salen [...] la perpendicular o a plomo y la linea plana o A NIVEL, las cuales causan la escuadria y la diagonal y la diametral. *Martínez de Aranda c. 1600:2* Repartiras entramas çircunferençias en partes yguales y de los puntos de la çircunferençia grande I sacaras A NIBEL vnas linias paralelas y de los puntos *que* tubiere la çircunferençia pequeña H subiras perpendicularmente vnos plomos hacia Riba.

OCHAVO, *ochabo* (l. *octavus*). Espacio o edificio con planta octogonal o semioctogonal. || Bóveda empleada en cubrir un OCHAVO, aunque no tenga forma exactamente octogonal.

*Dss Escorial 1570*⁷¹ se han de hazer quatro pechinas de parte de dentro OCHAVADAS *Martínez de Aranda c. 1600:iv* en la primera tratare de arcos dificultosos en la segunda de capialçados y puertas en la terçera de caracoles y escaleras en la quarta de pechinas y bobedas en la quinta de capillas y OCHABOS. *Covarrubias 1611:567 r.* OCHAVADO El cuerpo de ocho angulos.

OVAL, *obal*. Óvalo. || Ovalado, curva cerrada formada por varios arcos de circunferencia tangentes entre sí.

Arfe 1585:9 v. El OUALO es vn circulo apretado / que no tiene principio fin ni centro / Con quatro puntos es siempre formado que por la mayor parte quedan dentro / De otro modo se haze intersacado / con lineas que en vn punto hazen encuentro / Formanse estas assi cuerpos OUALES / vasijas y otras cosas principales. *Martínez de Aranda c. 1600:167-168* formarás a las caras de las plantas por lechos las çerchas d con que an de ser Robadas las caras de las pieças con el çintrel que

⁷¹ Condiciones para la torre sobre el zaguán del refectorio, prob. de Marzo de 1970, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 220.

cavare la çircunferençia del lado del OBAL. *Ibid* 167 Para tracar este dicho capialçado OBAL le formaras la planta.

PARALELO. Dícese de las líneas equidistantes entre sí y que por más que se prolonguen nunca llegan a encontrarse.

Rojas 1598:7 v. Proposicion XXXI. Esta sirue para echar vna linia PARALELA à otra desde vn punto fuera de ella [...] se haga la porcion de círculo que muestra la D y [...] hara otra porcion igual à la primera D y luego se tirara una linea recta que toque justamente por defuera las dos porciones , y aquella linea sera PARALELA à la B, que es lo propuesto. *Martínez de Aranda c. 1600:2* Repartiras entramas çircunferençias en partes yguals y de los puntos de la pequeña sacarás vnas linias PARALELAS.

PARTICION. Distribución, división de un edificio en partes o estancias.

Alberti/Lozano 1582:7 PARTICION es la que parte la area de toda la edificacion en areas menores, de donde es, que como de miembros aplicados y compuestos en vno, todo el cuerpo del edificio este lleno de edificios menores. *Martínez de Aranda c. 1600:v* Traza es toda qualquiera figura que en su distribucion causare alteracion de robos y estendimiento de linias y circunferençias. Estas se componen de Area y PARTICION y monteá.

PASAMANO. Pasamanos, moldura en la caja de una escalera que sirve para asirse con la mano.

Dss. Escorial 1571 ⁷² se ara un PASAMANO al torno de las escaleras. *Martínez de Aranda c. 1600:227-228* si este dicho caracol a de llebar PASAMANO por la çircunferençia de la caxa A le formaras la moldura [228] que vbiere de llebar como pareçe en la figura D. *Covarrubias 1611:579 v.* PASSAMANO. El borde de la escalera, porque PASAMOS por el la MANO.

PASO (l. *passus*). Peldaño, escalón.

Dss Escorial 1579 ⁷³ Cada PASO de escalon que seran como los que se ban haziendo quinze reales cada uno. *Martínez de Aranda c. 1600:227* Para traçar este dicho caracol de husillo le formaras la planta çircular como pareçe en la çircunferençia A [...] y esta dicha caxa A Repartiras en doçe PASOS lo quales tiraras al çentro del dicho macho y cada vno destos dichos PASOS a de tener vna quarta de alto. *Bails 1802:76* PASO Parte de una escalera donde pone el pie el que la sube o la baxa. Es lo mismo que PELDAÑO, ESCALÓN, GRADA.

PECHINA. Trompa.

Dss Escorial 1570 ⁷⁴ se han de hazer quatro PECHINAS de parte de dentro ochavadas. *Martínez de Aranda c. 1600:iv* en la primera tratare de arcos dificultosos en la segunda de capialçados y puertas en la terçera de caracoles y escaleras en la quarta de PECHINAS y bobedas en la quinta de capillas y ochabos.

PEDAZO, pedaço.

Pedaço de çirculo, pedaço de çircunferençia. Arco de circunferencia.

⁷² Condiciones para la obra de los nichos del jardín, de 15 de Abril de 1571, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 258.

⁷³ Precios para la cúpula de la Basílica de 12 de Noviembre de 1579, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 495.

⁷⁴ Condiciones para la torre sobre el zaguán del refectorio, prob. de Marzo de 1570, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 220-221.

Martínez de Aranda c. 1600:61 con el çintrel de la dicha buelta de horno circundaras vn PEDAÇO DE ÇIRCUNFERENCIA C. *Ibid 67* deste dicho punto 3 çircundaras los dos PEDAÇOS DE ÇIRCULO en blanco 4 y 5.

PERPENDICULAR. Línea vertical. || Línea o plano que corta a otra línea o plano en ángulo recto.

Vitruvio / Urrea 1582:42 v alli se han de colgar unas líneas a plomo, que se dize catetas o PERPENDICULARES. *Ibid.* Cathetas. Lineas PERPENDICULARES. *Martínez de Aranda c. 1600:117* este tamaño lo echaras PERPENDICULARMENTE en el plomo *que* baxo del tardos de la dicha xunta. *Ibid 219* beras lo *que* a de subir el estendimiento y a ese alto tirarás vna linia PERPENDICULAR desde el punto 2 al punto 3. *Covarrubias 1611:591 r.* [...] la cuerda del nivel tiene al cabo una pesilla de plomo que cae con una cuerda PERPENDICULARMENTE. *Bails 1802:129* PERPENDÍCULO Lo mismo que Plomada.

PIE (l. *pes*). Medida de longitud cuyo valor variaba ligeramente de unas regiones a otras; el de Castilla era la tercera parte de la vara y por eso se llamaba también TERCIA.

*Dss Salvador de Úbeda 1540*⁷⁵ sera el largo del dicho edifyçio [...] ciento treinta y ocho PIES de vara de medir que se entiende ser cada PIE una terçia de vara. *Martínez de Aranda c. 1600:6* para darles su grueso conforme a sus anchos se les dara desta manera tiniendo el arco desde çinco a diez PIES de ancho se le dara de grueso la sesta parte de su ancho.

PIEZA, peça, pieca. Sillar o dovela empleada en una fábrica.

Vandelvira c. 1580:25 r. por la parte baja quitale por entrambas partes lo que aploma la primera piedra [...] y por el consiguiente haras las demas PIEZAS. *Martínez de Aranda c. 1600:11* para Robar las PIEÇAS deste dicho arco las Robaras desta manera supongo *que* quieres Robar el bolsor E lo labraras primero de quadrado.

PLANA. Cada una de las caras de un papel. || Lo escrito en una cara de un papel.

Martínez de Aranda c. 1600:8 conforme se hico en el arco biaxe contra quadrado por testa a 6 PLANAS deste libro. *Covarrubias 1611:590 r.* PLANA La escritura de una haz de la cara del papel, del nombre latino pagina.

PLANTA, plantilla, plantón (it. *pianta*, fr. *plan*, *panneau*, *panneau*). Proyección o sección sobre un plano horizontal de un objeto, esp. un edificio o parte de un edificio. || Área ocupada por dicha proyección. || Plantilla de papel, pergamino, madera, cartón, chapa de hierro, plomo, estaño o cuero usada como patrón en la labra de piezas de cantería. || Cada uno de los pisos de un edificio.

*Dss Escorial 1562*⁷⁶ si Juan Bautista tiene umbreada y acabada la PLANTA traedmela esta noche [...] A Juan Bautista el modelo por la PLANTA baxa entretº. *Ibid 1570*⁷⁷ PLANTAS y monteas que se enviaron de Italia para la iglesia de San Lorenzo el Real de El Escorial. *Ibid 1570*⁷⁸ para ello le dara todas las formas y PLANTONES necesarios para cruceros y perpiaños y rafantes [...] y el dho

⁷⁵ Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento Español*, p. 186 de la ed. de 1983.

⁷⁶ Notas de Felipe II y Pedro del Hoyo en un billete de Pedro del Hoyo de Abril de 1562, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 43.

⁷⁷ George Edward KUBLER, «Galeazzo Alessi e l'Escorial», en *Galeazzo Alessi e l'architettura del cinquecento. Atti del Convegno Internazionale di studi*, Génova, Sagep, 1975, p. 601.

⁷⁸ Condiciones para las bóvedas del refectorio de 1 de Marzo de 1570, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 225-226.

destajero hara a costa suya todas las cimbras necesarias conforme a los *dichos* PLANTONES. *Martínez de Aranda c. 1600:7* Para trazar este dicho arco viaje contra cuadrado por testa le formarás el arco A en çimiçirculo que sirve de testa para el lado de la PLANTA B. *Portor y Castro 1708:2v* [...] hecho se cortaran las PLANTILLAS *Que* la forma *siguiente*. Para cortar las PLANTILLAS de entranbas frentes [...] *Rejón de Silva 1788:167* PLANTILLA El bastidor formado con la figura exacta, que debe tener cada superficie de una piedra, según sus cortes ó destino. Puede ser la plantilla de tabla, chapa ó carton. *Bails 1802:83* PLANTILLA Qualquier patron de una de las superficies de una dovola o sillar, sacado en una tabla, cartón u otra materia delgada, el cual, aplicandole sobre el sillar, sirve para cortar su cara, lecho, &c. Así, hay plantilla de lecho, de intradós, &c.

Planta por cara (fr. *paneau de doyle par desoubz*). Plantilla para el intradós de una pieza de cantería.

Martínez de Aranda c. 1600:13 a este dicho punto 7 tirarás la testa de la dicha PLANTA POR CARA que sirve para el dicho arco A desde el punto 6. *Portor y Castro 1708:16* Para sacar las PLANTAS POR CARAS y las saltarreglas de las testas [...]

Planta por lecho (fr. *paneau de ioinct*). Plantilla para una cara de lecho de una pieza de cantería.

Martínez de Aranda c. 1600:7 supongo *que* quieres sacar la PLANTA POR LECHO F tomarás el largo de su xunta en el arco A desde el punto 1 al punto 2.

Por plantas al justo (fr. *par panneaux*). Método de labra de piezas de cantería alternativo al método POR ROBOS que se basa en el uso de plantillas que representan sus caras en verdadera magnitud.

Martínez de Aranda c. 1600:12 Para traçar este dicho arco biaxe contra quadrado POR PLANTAS AL XUSTO le formarás el arco A en çimiçirculo *que* sirve de testa.

PLANTAR. Asentar o colocar una cosa en el lugar que le corresponde. || Usar una plantilla colocándola sobre un bloque de piedra para marcar su contorno y después labrar una pieza de cantería.

Martínez de Aranda c. 1600:107 las plantas por caras se an de PLANTAR estando las caras a Regla y borneo y despues se cabaran las dobelas *Portor y Castro 1708:15 v*. Por el lecho bajo PLANTARAS la planta A y por el lecho la planta B y en las piedras despues de la mesa por el lecho bajo PLANTARAS la planta C y por el lecho alto la planta D [...]

Plantar al justo. Usar una plantilla que representa las caras de una pieza de cantería en verdadera magnitud permitiendo así operar directamente y no POR ROBOS.

Martínez de Aranda c. 1600:7 desta manera se an de sacar todas las demas plantas por cara para PLANTARLAS AL XUSTO.

Plantar de cuadrado. Usar una plantilla que representa la proyección de una cara de una pieza sobre un plano vertical u horizontal, permitiendo así labrarla por un método intermedio entre la labra POR PLANTAS y POR ROBOS.

Martínez de Aranda c. 1600:85 quedaran sacadas las plantas por caras para PLANTARLAS DE CUADRADO supongo *que* quieres labrar la peça segunda de haçia el Rincon E tomarás en la planta del dicho arco su planta por cara *que* esta entre los quatro angulos a b c d y con esta dicha planta labrarás DE CUADRADO la dicha peça *que* tengo de alto lo *que* tubiere de alto el quadrado de su

bolsor desde el punto e al punto f y después de labrada DE CUADRADO con forma aRiba dicha la Robaras por entramas testas.

PLOMO, plomada (fr. *plomb*) Instrumento de asiento de cantería, entre otros usos, compuesto de un peso de plomo u otro metal colgado de un hilo que se emplea para materializar una línea vertical. || Línea vertical.

Vitrúvio / Urrea 1582:112 v y el niuel mas baxo apartarse ha quatro del perpendicular o PLOMADA. *Dss. Hospital Tavera c. 1600* ⁷⁹ Aunque en la traca deste quarto estan elegidos ventanas delos otros quartos digo que guardando el PLOMO de las dichas ventanas que en las piecas deste suelo quarto se habieren de hazer seran por de fuera unos tondos grandes [...] *Martínez de Aranda c. 1600:1* tomaras el alto de los PLOMOS de las xuntas y mitades de los bolsos del arco pequeño B y con las distançias que vbiere de vnos PLOMOS a otros en el arco grande A formarás el arco endulçido C. *Covarrubias 1611:591 r.* PLOMADA, el estilo de PLOMO para señalar. *Rejón de Silva 1788:169* PLOMADA La acción de echar el plomo o perpendicular; o la línea perpendicular que forma éste [...] PLOMO Cuerda delgada, pendiente de ella un pedazo de plomo, por el qual se arregla la altura de las paredes y la colocación de todo pie derecho á la justa y exâcta perpendicular.

PRINCIPAL, preñçipal. Importante, digno de estima o consideración. || Esencial o fundamental.

Arfe 1585:9 v. El Oualo es vn circulo apretado / que no tiene principio fin ni centro [...] Formanse estas assi cuerpos ouales / vasijas y otras cosas PRINCIPALES. *Martínez de Aranda c. 1600* la necesidad que el arte de arquitectura tiene destas dichas traças de monte por ser PREÑÇIPAL parte suya. *Covarrubias 1611:596 v.* PRINCIPAL. Lo que es de estima y se antepone a lo demás.

PUERTA. Hueco de paso en una muralla, muro o tabique. || Hueco cubierto con una combinación de arcos, dinteles y capialzados dispuestos en varias fajas.

Martínez de Aranda c. 1600:208 Para traçar esta dicha PUERTA por esquina a Regla contra capialçado por Rincon de arco [...] la distançia que vbiere entre las linias B C es el dintel de la dicha PUERTA [...] y la distançia que vbiere entre las linias B E es el batidero de las PUERTAS y la distançia que vbiere entre la linia E y la çircunferençia F es lo que ha de capialçar el dicho capialçado y la distançia que vbiere entre las dos çircunferençias F G es el arco del dicho capialçado [...] y la distançia que vbiere en la planta entre las linias D I es el diente del dicho dintel y la distançia que vbiere entre las linias I L es el batiente del dicho capialçado. *Covarrubias 1611:599* PUERTA. Latine porta, dixose a portando, porque por ella entran todas las provisiones y assi su primera sinificacion se entiende de la PUERTA de la ciudad o castillo. *Portor y Castro 1708:19* PUERTA en azente de caua de un diente cuadrado a un arco que se llama Lunetas tambien en azente de caua.

REBAJAR, rebaxar. ROBAR, quitar material de un bloque para darle la forma de la pieza definitiva.

Martínez de Aranda c. 1600:226 ase de REBAXAR el dicho paso por el lecho baxo lo que vbiere en la dicha planta por lecho Z entre la linia c y la çircunferençia d y se a de REBAXAR el dicho paso por el lecho alto lo que vbiere en la planta por lecho Y entre la çircunferençia e y la linia f. *Portor y Castro 1708:32* Y asimismo labraras su cara metiendo la regla desde la línea de la patilla N a la sercha K REBAJANDO a plomo lo que le tocare.

⁷⁹ *Platica de la Delantera de Sant Lázaro desde la esquina de la Placa hasta el caguan que responde a los patios que estan hechos*, Ms. sin autor, sin fecha. Archivo del Hospital Tavera. Transcrito en Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, Nueva York, Garland, 1977, p. 433.

REBAJO, rebaxo. ROBO, porción de material que se quita de un bloque para darle la forma de la pieza definitiva.

Martínez de Aranda c. 1600:235-236 para labrar las piezas desta dicha hilada las labraras desta manera [...] la labraras primero de quadrado con la forma *que* tubiere la planta por cara entre los quatro angulos **a b c d** [...] y benga a *quedar* por cada xunta con la forma *que* tubiere el quadrado *que* se saco para aquel despieço y la Robaras con los REBAXOS y Robos *que* tubieren los dichos quadrados.

REGLA, region (l. *regula*). Instrumento de forma alargada y aristas rectas utilizado en el dibujo, los trazados a tamaño natural y la labra de las piezas de cantería.

Martínez de Aranda c. 1600:46 labra los bolsos por vna parte y otra con la forma *que* tubieren los bolsos de los arcos **A C** y de vnas testas a otras las labraras a REGLA plantando la Regla de quadrado *que* bengan a *quedar* por las caras engaychidos. *Covarrubias 1611:*6 r.* REGLA material, una vara derecha que echandole la plomada, forma una línea recta. *Rejón de Silva 1788:181* REGLA. Listón recto de madera para tirar líneas.

A regla y borneo. Técnica de labra de piedras en el que se obtiene una cara plana comprobando con una regla y la vista; esta cara se puede dejar plana, por ejemplo en un sillar, o después seguir la labra AFONDANDO la pieza hasta conseguir una superficie curva, por ejemplo en el intradós de una dovela.

*Dss Escorial 1573*⁸⁰ la silleria desta fachada [...] han de ser labradas a picon **A REGLA Y A BORNEO** y a escuadria sin que tengan rosa alguna de ninguna manera haciendo las aristas de lechos y juntas a maço y çinzel. *Martínez de Aranda c. 1600:105* estas dichas plantas por caras se an de plantar tiniendo labradas las caras de las piezas **A REGLA Y BORNEO** y despues se an de afondar las dobelas en las dichas caras con las çircunferençias de los arcos plantando cada vna por la testa *que* le conbiniere.

REPARTIR. Distribuir una cosa repartiéndola en partes. || Dividir una línea o arco en partes iguales.

*Dss. Hospital Tavera c. 1600*⁸¹ [...] toda la galeria a de tener de alto desde la moldura arriba hasta el sobre Cecho de la cornisa quinze pies de alto en los quales se REPARTIRAN anchos y altos y ornatos de pilastradas de las ventanas y alquitrave e friso e cornisa dando a cada cosa su medida conforme a la arte de cantería. *Vandelvira c. 1580:45 r.* llevaras la linea **m** de un punto a otro y REPARTIRAS en ella las cinco piedras de la planta. *Martínez de Aranda c. 1600:110-111* a estos dichos arcos los REPARTIRAS en las hiladas *que* te pareciere.

REPRISON, reprise, repisa. Ménsula, capitel – ménsula; elemento arquitectónico volado que soporta el arranque de un arco u otro elemento constructivo.

*Lázaro de Velasco 1555*⁸² [las iglesias] de una naue rasa sin columnas sueltas se forma y puede leuar arrimadas a las paredes columnas medias o formas dellas para REPRISAS en que cargan las xarxas de los caxcos. *Martínez de Aranda c. 1600:111* sobre los REPRISIONES *que* parecen en la

⁸⁰ Condiciones para el cuarto occidental de Colegio de 16 de Abril de 1570, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 373.

⁸¹ Condiciones para la galería de la lanterna principal. Archivo del Hospital Tavera. Transcritas en Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, Nueva York, Garland, 1977, pp. 436-37.

⁸² Lázaro de VELASCO, *Traducción de los diez libros de arquitectura de Vitruvio*, transcrita en F[rancisco] J[avier] SANCHEZ CANTÓN, *Fuentes literarias para la historia del arte español*, Madrid, 1923, pp. 214-15.

planta señalados con la C formaras los arcos abançados D. *Dss. Catedral de Guadix 1629*⁸³ Cuando se mueba el crucero que sale del rincon se an de haçer quatro REPISAS y en cada una de sus tres mascarones compartidos con igualdad relebados y sobre la dicha REPISA a de mover el crucero mayor [...] *Bails 1802:90* REPISA Diente de sillería, mármol, bronce o madera, a modo de canecillo, cuyo destino es apeaar una figura, un vaso, &c.

RESTRIBAR. Estribar, apoyarse un arco o bóveda en otro elemento constructivo que soporta su empuje. || Fijar el canto del estribo sobre el que apoya un arco.

Alberti/Lozano 1582:88 para que aquella obra se enlace con las mas firmes enlazaduras que ser pudiere, y los vacios *que* quedan entre las flechaduras de las bouedas, y la pared en *que* RESTRIUAN al qual lugar los oficiales llaman muslo, o embecaduras. *Martínez de Aranda c. 1600:5* Para RESTRIBAR el arco çimiçirculo X le Repartiras su çircunferençia en tres partes y por vna destas *que* es el punto a baxaras un plomo perpendicularmen *que* baya a tocar a su diamitro al punto b y lo *que* vbiere desdel punto b al punto c eso tendra de RESTRIBO este dicho arco cimiçirculo.

RESTRIBO, estribo. Estribo, elemento que soporta el empuje o la carga de un arco o bóveda. || Canto del estribo de un arco.

*Dss. Catedral Granada 1577*⁸⁴ los arcos cargan sobre las medias columnas que estan arrimadas a los RESTRIBOS. *Martínez de Aranda c. 1600:5* Para RESTRIBAR el arco en Segmento menor de çirculo Y le Repartiras su çircunferençia en tres partes y por vna dellas *que* es el punto d baxaras vn plomo de quadrado *que* toque en el punto e y lo *que* vbiere desdel punto e al punto f eso tendra de RESTRIBO este dicho arco en Segmento menor de çirculo.

RINCON. Ángulo entrante en un elemento constructivo, p. ej en el intradós de un arco o en el encuentro entre dos muros.

*Dss Escorial 1570*⁸⁵ que las dhas capillas se hagan a buelta de horno dulces sin que haga RINCON ni arista ni fealdad alguna. *Martínez de Aranda c. 1600:216* Para traçar esta dicha puerta por RINCON a Regla contra capialçado por esquina de arco le formaras la planta como pareçe entre los quatro angulos A. *Covarrubias 1611:71 r.* entre los architectos llaman angulos la concurrencia de dos paredes, que por defuera se llaman esquinas y por dedentro RINCONES [...] Rincon se dijo a recurriendo, porque concurren en el las dos partes que forman el angulo, y tomase rincon por una cosa estrecha, escondida, obscura, secreta, olvidada. *Ibid. *12 v.* RINCON Latine dicitur angulus [...] aquel estrecho que causan dos paredes juntando una con otra adonde de ordinario no llegan derechamente las luzes [...] *Bails 1802:5* Angulo [...] La línea común a dos paredes que se encuentran. El ángulo de la parte de afuera se llama esquina; el de la parte de adentro, RINCON. *Ibid. 92* RINCON El ángulo interior de un edificio o pieza suya. Es lo opuesto á Esquina.

Rincon de claustria. Elemento constructivo formado en el encuentro de dos bóvedas de cañón de la misma altura y diámetro en ángulo recto. Puede limitarse al mero encuentro entre bóvedas o adquirir independencia y constituirse en verdadero arco.

Martínez de Aranda c. 1600:8 ARCO DE RINCON DE CAVSTRIA. Para traçar este dicho ARCO EN RINCON DE CAVSTRIA [...]

⁸³ Autos que se hicieron en Granada en 1629 para acabar la sacristía, en Carlos ASENJO SEDANO, «Diego de Siloé en la Catedral de Guadix», en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, Universidad de Granada, 1977, p. 217.

⁸⁴ Réplica de Francisco del Castillo a sus opositores a la plaza de maestro mayor de 26 de junio de 1577, transcrita en Earl E. ROSENTHAL, *The Cathedral of Granada*, p. 236.

⁸⁵ Condiciones para las bóvedas del refectorio de 1 de Marzo de 1570, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 225-226.

ROBAR (fr. *dérober*). Quitar material de un bloque paralelepípedo para hacerlo trapezoidal, o de uno prismático para crear una cara cóncava o convexa.

Vandelvira c. 1580:24 v. A la segunda le quitaras el triangulo D y el triangulo E [...] y de lo largo su torre redondo y cavado señalado con las letras L L lo cual se ha de ROBAR primero que nada [...] *Martínez de Aranda c. 1600:11* y para ROBAR las piezas deste dicho arco las ROBARAS desta manera supongo *que* quieres ROBAR el bolsor E lo labraras primero de quadrado con la forma *que* parece entre los quatro puntos 1 2 3 4 *que* tenga de grueso lo *que* tubiere de ancho la planta y despues la ROBARAS por la testa *que* mirare al arco pequeño C con el ROBO *que* parece entre los numeros 1 2 5 6.

ROBO (fr. *dérobement*). Acción y efecto de robar, porción de material que se quita de un bloque paralelepípedo o prismático para obtener una pieza de geometría más compleja.

Martínez de Aranda c. 1600:15 y para ganar el dicho biaxe ROBARAS a la primera pieza por lado con el ROBO 6 y por planta con el ROBO 7 y a la segunda pieza ROBARAS por lado con el ROBO 8 y por planta con el ROBO 9.

Por robos, por Robos (fr. *par équarrissement, par dérobement*). Método de labra de piezas de cantería basado en desbastar en primer lugar un bloque paralelepípedo o prismático del cual se van después quitando o robando cuñas de material para obtener la forma definitiva.

Vandelvira c. 1580:24 v. Porque dije de enseñar el arco torre cavado y redondo POR ROBOS y porque tambien sea lumbre para entender otras trazas que no se pueden hacer si no es POR ROBOS pongo ahora este [...] *Martínez de Aranda c. 1600:40* Para traçar este arco capialçado POR ROBOS le formarás el arco A en çimiçirculo que sirbe de testa para el lado de la planta B.

SALTARREGLA, saltaRegla, salta regla (fr. *sauterelle*). Instrumento de cantería formado por dos reglas articuladas alrededor de un eje cuyo ángulo se puede ajustar, como los dos brazos de un compás, para transportar cualquier ángulo rectilíneo. || Ángulo que forman entre sí las juntas de testa e intradós de una pieza de cantería. || Segmento que representa bien la junta de intradós, bien la junta de testa y permite tomar el ángulo que forman entre sí.

Martínez de Aranda c. 1600:15 se an de Robar conforme se hiço en el arco biaxe contra cuadrado por lado a 11 planas deste libro y las linias F sirben para las SALTAREGLAS de las xuntas despues de Robadas. *San Nicolás 1633:166* [...] el salmer se ha de labrar con una SALTARREGLA fixa. *Rejón de Silva 1788:187* SALTARREGLA Instrumento de los Picapedreros compuesto de dos reglas con juego para arreglar su abertura á la medida que necesitan en el corte de la piedra. *Bails 1802:43* Escuadra falsa. La que se compone de dos piernas movibles para medir ángulos de diferentes cantidades. Quando es de madera, se llama SALTARREGLA. *Ibid. 94* SALTARREGLA Instrumento formado de dos reglas de madera, que se pueden apartar ó arrimar una á otra como las dos piernas de un compas, y sirve para tomar toda especie de ángulos rectilíneos.

SEGMENTO, sgmento.

Arco en sgmento menor de círculo. Arco ESCARZANO, esto es, el que tiene por directriz un arco de circunferencia menor que el semicírculo.

Martínez de Aranda c. 1600:41 asimismo formarás el ARCO C EN SGMENTO MENOR DE ÇIRCULO *que* sirbe de testa para el lado de la planta D. *Ibid 174* el ARCO EN SGMENTO DE ÇIRCULO D sirbe de testa del capialçado por el lado de la planta en biaxe E.

SEMICÍRCULO, çimiçirculo, cimiçirculo, çimicirculo, hemiciclo. Mitad del círculo. || Mitad de la circunferencia.

Vitruvio / Urrea 1569 Voc. HEMICICLO. Cauado por dentro, cuadrado y cortado [...] HEMYCICLO. Círculo. Figura del medio círculo. *Martínez de Aranda c. 1600:5* lo que vbiere desde el punto **b** al punto **c** eso tendra de Restribo este dicho arco CIMIÇIRCULO. *Ibid 7* Para trazar este dicho arco viaje contra cuadrado por testa le formaras el arco **A** en ÇIMIÇIRCULO que sirve de testa para el lado de la PLANTA **B**. *Ibid 50* Para traçar este dicho arco abançado biaxe por testa le formaras el arco **A** en ÇIMICIRCULO.

Arco cimiçirculo. Arco de medio punto.

Martínez de Aranda c. 1600:5 lo que vbiere desde el punto **b** al punto **c** eso tendra de Restribo este dicho ARCO CIMIÇIRCULO.

SIMETRIA, simitria, symetria. Conmensuración y proporción adecuada de las partes de un todo entre sí y con el todo mismo.

Vitruvio / Urrea 1582:Vocabulario SYMETRIA. Medida. *Martínez de Aranda c. 1600:14* Para traçar este dicho arco biaxe contra quadrado por lado fuera de SIMETRIA formaras el arco **A** como parece en la traça. *Ibid 17* se a de ganar el biaxe Robando las piecas conforme se hiço en el arco biaxe contra quadrado por lado fuera de SIMITRIA a 13 planas deste libro. *Dss. Hospital Tavera 1602*⁸⁶ En forma guardar la verdadera SYMETRIA y ornato de el genero Dorico, con proporcion dupla en el todo y en sus partes.

SUBIDA. Paso de la hélice directriz de un escalera de caracol, es decir, lo que sube la escalera en cada vuelta. || Cada uno de los itinerarios independientes que pueden recorrerse en algunas escaleras, como las imperiales, las llamadas preimperiales o las de caracol de varias hélices.

*Dss. San Miguel de los Reyes de Valencia c. 1550*⁸⁷ la escalera principal que ha de responder a los dos claustros se haga de dos SUBIDAS como en la traça va señalada. *Martínez de Aranda c. 1600:248* Para traçar este dicho caracol de oxo Redondo de dos SUBIDAS le formaras la planta como parece entre las çircunferençias **A B**. *Ibid. 248-249* esta dicha planta Repartiras en deçiocho pasos tirados al çentro del oxo que cada paso destos tenga vna terçia de alto de manera que dando los dichos deçiocho pasos vna buelta biena a ganar dos SUBIDAS que cada SUBIDA tiene tres baras de medir de alto con el grueso de los pasos.

TALUD, talus, taluz (fr. *talus*) Paramento inclinado plano de un muro. || Inclinación del paramento de un muro o terreno.

Dss. San Juan Albacete 1538 se haya de echar tendido vn gran pedazo de jacena que vaya un poco en TALUS corriente hazya la parte del pylar el qual TALUS tiene de restribar la jacena del dicho apoyo. *Dss Escorial 1568*⁸⁸ la portada de la cocina [...] y encima de ella un TALUS que hace antepecho.

⁸⁶ Pedro Salazar de Mendoza, *Cronica de el Cardenal Juan Tavera*, Toledo, 1602, XLVII, 276, transcrito en Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, p. 424.

⁸⁷ *Practica y declaracion de la traça del Monasterio ... que començo el Excell. Principe Duque de Calabria*, Archivo Histórico Nacional de Madrid, transcrito en Catherine WILKINSON, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo*, p. 451.

⁸⁸ Pago a Martín de Barrena de 4 de junio de 1568, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 215.

Talus escarpado, escarpe. Paramento plano inclinado de forma que la base es más ancha que la coronación.

Martínez de Aranda c. 1600:57 Para traçar este dicho arco en TALUS ESCARPADO le formarás el arco **A** en çimiçirculo y le baxaras los plomos de las xuntas *que* atrabiesen la planta y asimismo tirarás la línea **B** que es figura del TALUS ESCARPADO donde se a de haçer el dicho arco. *Portor y Castro 1708:33* Y con la misma declinaçion questa tirada, la línea **L**, que es la que forma el TALUZ, o ESCARPE. *Rejón de Silva 1788:95* ESCARPA El declive pendiente que forma un muro, quando su grueso sube en diminucion *Bails 1802:126* ESCARPADO Lo que está construido con su frente o fachada inclinado o en rampa.

Talus plano. Paramento plano inclinado de forma que la coronación es más ancha que la base.

Martínez de Aranda c. 1600:52 Para traçar este dicho arco abançado en TALUS PLANO le formarás el arco **A** en çimiçirculo y a este dicho arco le baxaras los plomos *que* atrabiesen la planta y asimismo tirarás la línea *que* sirbe de TALUS PLANO **B**.

TAMAÑO, tamano. Dimensión de una cosa. || Longitud.

Martínez de Aranda c. 1600:34 este TAMAÑO echarás desde el punto **3** al punto **4** y desde el punto **5** al punto **6** y de unos puntos a otros tirarás sus líneas Retas y quedará formada la dicha planta por cara **F** [...] este TAMAÑO echarás en la línea en blanco **a** desde el punto **g** al punto **h** y a este dicho punto **h** tirarás la cara de la dicha planta por lecho. *Portor y Castro 1708:1* Y con este TAMAÑO echarás una línea en blanco paralela con la línea **H** [...] be aora a la línea **8** hechas se en blanco con este TAMAÑO y echalo desde el punto **3** al punto **4**.

TESTA (l. *testu*) Cualquiera de los dos paramentos frontales de un arco. || Cara de una dovela que corresponde a uno de los dos paramentos frontales del arco.

Vandelvira c. 1580:19 v. Viaje por TESTA [...] comienzan de sus plomos y acaban conforme el plomo de delante toca en el arco llevado a trainel de la línea plana. *Martínez de Aranda c. 1600:10-11* las plantas por caras y por lechos deste dicho arco se an de sacar conforme se hiço en la TESTA en biaxe del arco biaxe contra quadrado por TESTA a 6 planas deste libro. *Ibid 11* supongo *que* quieres Robar el bolsor **E** lo labrarás primero de quadrado con la forma *que* pareçe entre los quatro puntos **1 2 3 4** *que* tenga de grueso lo *que* tubiere de ancho la planta [12] y despues la Robaras por la TESTA *que* mirare al arco pequeño **C**.

TERCIA. PIE, tercera parte de la VARA DE MEDIR.

*Dss Salvador de Úbeda 1540*⁸⁹ sera el largo del dicho edifyçio [...] ciento treinta y ocho pies de vara de medir que se entiende ser cada pie una TERÇIA de vara. *Martínez de Aranda c. 1600:242* beras an quantos pasos quisieres Repartir la buelta del dicho caracol supongo *que* Repartio en beyntyun pasos *que* cada paso tenga vna TERCIA de alto de manera *que* dando los dichos beyntyvn pasos vna buelta biene a ganar dos subidas *que* cada subida tiene de alto tres baras y media de medir con el grueso de sus pasos.

⁸⁹ Manuel GÓMEZ-MORENO *Las águilas del Renacimiento Español*, p. 186 de la ed. de 1983.

TIRANTEZ (pl. *tiranteçes* o *tirantezes*). Arista de una dovela que corresponde a la intersección de una testa con la cara de lecho. || Dirección de los planos de lecho de un arco o bóveda.

*Dss Escorial 1570*⁹⁰ anse de hazer los TIRANTEZES conbinientes a la una parte y a la otra de los dichos arcos para ensalmerar las capillas. *Martínez de Aranda c. 1600:223* con este tamaño echaras la TIRANTEZ de los lechos desdel punto 3 al punto 8 y desdel punto 6 al punto 9 de manera *que* le viene a quedar de huello al dicho paso la distançia *que* vbiere desdel punto 9 al punto 5.

TORRE, toRe. Paramento curvo; se usa en la expresiones TORRE REDONDA y TORRE CAVADA.

Martínez de Aranda c. 1600:31-32 Para traçar este dicho arco en TORE CABADA contra TORE REDONDA en biaxe por cara [...] le baxaras los plomos de las xuntas *que* bayan a parar a la çircunferençia *que* sirbe de testa CABADA B [...] *que* bayan a parar a la çircunferencia *que* sirbe de testa REDONDA C y [...] les estenderas las testas a las plantas por caras y por lechos *que* miraren al lado CABADO conforme se hiço en el arco en TORE CABADA contra quadrado a 24 planas deste libro y las testas *que* miraren haçia el lado REDONDO las estenderas conforme se hiço en el arco en TORE REDONDA contra quadrado.

Torre redonda, toRe Redonda. (fr. *tour ronde*) Paramento convexo.

Vandelvira c. 1580:24 v. A la segunda le quitaras el triangulo D y el triangulo E [...] y de lo largo de su TORRE REDONDO Y CAVADO señalado con las letras L L lo cual se ha de robar primero que nada [...]

Torre cavada, toRe cabada. (l. *cavus*, fr. *tour creuse*) Paramento cóncavo.

Bails 1802:105 TORRE CAVADA. El rincon que forman dos paredes que se encuentran, suavizado a manera de arco de círculo, pareciendo parte del intradós de una TORRE REDONDA.

TRACISTA, trazador. Arquitecto proyectista || Experto en TRAZAS de cantería.

Martínez de Aranda c. 1600:v cuanto pude hiçe por sacar a luz la grande ObscuRidad *que* los terminos dellas tienen consultandolas con *onbres* dotos y personas eminentes y TRACISTAS. *Covarrubias 1611:*50 v.* TRACISTA el artifice que da la TRAÇA. *Rejón de Silva 1788:206* TRACISTA Nombre que se dá al Arquitecto que da las trazas para todo género de obras. *Ibid. 208* TRAZADOR El que TRAZA y delinea la obra que ha de darse a los oficiales subalternos.

TRASDÓS, tardos, tardosa. Cara posterior de un muro o superior de un arco o bóveda.

*Dss. Catedral Salamanca 1522*⁹¹ sus ventanas que tengan de alto veinte y cinco pies en el TRASDOS de la bolsura del arco. *Dss Escorial 1575*⁹² pagar por el largo de diez pies de la bobeda con sus TRASDOSES catorze reales. *Vandelvira c. 1580:19 v.* Y las saltarreglas, desde el plomo hacia atras has de echar el altura de la TARDOSA del arco y luego su plomo como las dovelas. *Martínez de Aranda c. 1600:114* Robandolo por el lecho alto con el robo a y por el TARDOS con el Robo b y por la cara con el Robo c y por el lecho baxo con el Robo d. *Rejón de Silva 1788:207*

⁹⁰ Condiciones para las bóvedas del refectorio de 1 de marzo de 1570, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, pp. 225-226.

⁹¹ Informe de Juan de Badajoz y Francisco de Colonia de 3 de Agosto de 1522, transcrito en Fernando CHUECA GOITIA, *La catedral nueva de Salamanca*, p. 47.

⁹² Condiciones para los desagüaderos que salen al jardín de la reina de 6 de Abril de 1575, en Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 372.

TRASDOS La parte posterior de cualquiera piedra de las que se emplean en un edificio [...] La parte convexa de una bóveda, ó la parte posterior de una pared.

TRAZA, traca, traça. Trazado de arquitectura a tamaño natural previo a la realización de un edificio o elemento de un edificio. || Problema o solución a un problema de totemecnia. || Dibujo de arquitectura, general o de detalle. || En geometría descriptiva, huella o intersección de una recta, plano u otra figura geométrica con el plano vertical u horizontal de proyección.

*Dss Monasterio de Guadalupe*⁹³ Esta TRAÇA es para lo baxo de la enfermeria que se labra. *Dss. Lonja de Sevilla 1572*⁹⁴ para quadrar el hedificio conforme a la TRAÇA que su magestad ha mandado que se haga y embie. *Martínez de Aranda c. 1600:v* asi es mas eçelente TRAÇA la que en pocas palabras tiene ençerados muchos y notables puntos de xeometria [...] TRAÇA es toda qualquiera figura que en su distribuçion cavsa alguna alteraçion de Robos y estendimiento de linias y çircunferençias. *Covarrubias 1611:496 v.* Tambien llamamos idea la imaginacion que traçamos en nuestro entendimiento, como el arquitecto que TRAÇA una casa o otro edificio lo fabrica primero en su entendimiento y despues la executa en la planta y monte que es el exemplar por donde los oficiales se rigen despues, y esta llaman TRAÇA. *Covarrubias / Noydens 1674:2 r.* Los nombres y terminos de la fábrica son TRAZAS, plantas, perfiles, cortes, alçados, buelos y distribuciones [...] TRAÇA es el alçado o monte que es aquello que se delinea levantado de la superficie de la tierra. *Rejón de Silva 1788:208* TRAZA La delineacion de alguna obra de Architectura, ú de otra cosa artificial. *Bails 1802:106* TRAZA . Lo mismo que Dibujo.

TRAZAR, traçar, tracar. Realizar un trazado a tamaño natural o dibujo. || Construir un elemento gráfico de un trazado o dibujo.

Rodrigo Gil c. 1550:25 se ara otro segundo andamio como S. Y este tan cuajado de fuertes tablonos, que en ellos se pueda TRAÇAR, delinear, y montar, toda la crueria ni mas, ni menos de lo que se ve en la planta. *Martínez de Aranda c. 1600:6* Para TRAÇAR este dicho arco biaxe contra quadrado por testa le formarás el arco A en çimiçirculo que sirbe de testa para el lado de la planta B. *Covarrubias 1611:*50 v.* TRAZAR Latine delineare, prescribere, es quando se delinea alguna obra de la qual se demuestra por planta y monte, y porque para llegar a su perfección se va TRAÇANDO y cortando se dixo TRAÇA.

VARA, bara, bara de medir. Medida de longitud, que se divide en tercias o pies, cuartas o palmos, sesmas, ochavas y dedos. || Instrumento de medida consistente en una regla graduada de madera o de metal de una VARA de longitud con señales que la dividen en medidas menores.

*Dss Salvador de Úbeda 1540*⁹⁵ sera el largo del dicho edifyçio [...] ciento treinta y ocho pies de VARA DE MEDIR que se entiende ser cada pie una terçia de vara. *Dss. Escorial 1566*⁹⁶ cada BARA en quadrado que entran en esta BARA en cuadrado veintisiete pies quadrados. *Martínez de Aranda 1600:248-249* esta dicha planta Repartiras en deçiocho pasos tirados al çentro del oxo que cada paso destos tenga vna terçia de alto de manera que dando los dichos deçiocho pasos vna buelta biene a ganar dos subidas que cada subida tiene tres BARAS DE MEDIR de alto con el grueso de los pasos.

⁹³ José María de AZCÁRATE, «Términos del gótico castellano», *Archivo Español de Arte*, 1948, p. 260.

⁹⁴ Capitulaciones entre el Rey y el Prior y Consules de los Mercaderes de Sevilla de 30 de Octubre de 1572, reproducidas en Luis CERVERA VERA, «Juan de Herrera diseña la Lonja de Sevilla», *Academia*, 1981, p. 174.

⁹⁵ Manuel GÓMEZ-MORENO, *Las águilas del Renacimiento español*, p. 186 de la ed. de 1983.

⁹⁶ Escritura para las «necesarias», 19 de Abril de 1566. Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, *La octava maravilla del mundo*, p. 148.

VÍA (fr. *vis*).

Vía de San Gil (fr. *vis de Saint-Gilles*). Escalera de caracol cubierta por una bóveda anular rampante, es decir, aquella cuyo intradós presenta sección semicircular por un plano que pasa por el eje de la escalera y sección en forma de hélice por un cilindro cuyo eje coincide con el de la escalera.

Vandelvira c. 1580:52 v. Llamase VIA DE SAN GIL porque esta puesta por obra en una villa que se llama SAN GIL en Francia, el cual es un caracol sobre un arco que va alrededor de un columna A capialzando. *Martínez de Aranda 1600:230* Caracol en buelta que diçen BIA DE SAN XIL de bobeda concuRiente alRededor de vn macho redondo de hildadas concuRientes.

VIAJE, *biaxe*, *esviage* (occ. *biaissar*, cat. *biaix*, fr. *biais*). Corte sesgado que se da a una cosa. || Oblicuidad del eje de un arco o bóveda respecto al paramento en que se abre.

Vandelvira c. 1580:28 r. El VIAJE contra VIAJE se traza por la misma orden que el pasado que hace VIAJE por la una parte y por la otra es cuadrado. Este hace VIAJE igualmente por entrambos cabos; despues de haber trazado el grueso de la pared y el VIAJE que convenga a la otra trazaras un arco a la una parte y otro a la otra *Rejón de Silva 1788 :105* ESVIAGE La direccion obliquia de los lados de una bóveda, ó de un arco *Bails 1802:45* ESVIAGE Inclinación de una superficie perpendicular respecto de una línea que la atraviesa.

En viaje, *en biaxe* (fr. *biaise*). Oblicuo, esviado.

Martínez de Aranda c. 1600:6 asimismo formaras el arco yndulçido C *que* sirbe de testa para el lado de la planta EN BIAXE D.

VISUAL, *bisual*.

Línea visual, *linia bisual*. Línea recta trazada desde el ojo del observador a un objeto || Línea recta auxiliar en un trazado.

Sagredo 1526 las LINEAS VISUALES *que* se embian del ojo para comprehender qualquiera de las dichas pieças no son iguales. *Martínez de Aranda c. 1600:67* supongo *que* se a de sacar la planta por cara F tiraras la LINIA BISUAL G *que* toque en los puntos 1 y 2 y pase a tocar a la linia H al punto 3.

VOLADO, *bolado*. Dícese del elemento arquitectónico o constructivo que sobresale o AVANZA del plano del paramento de la pared sobre la que apoya.

Martínez de Aranda c. 1600:111 CoRedor BOLADO sin columnas formado de arcos ABANÇADOS. Para formar este dicho coRedor BOLADO formaras la pared del claustrio como pareçe en la linia A y asimismo formaras la salida del coRedor que es la linia B y sobre los Reprisones que parecen en la planta señalados con la C formaras los arcos abançados D los quales dichos arcos se an de abançar como pareçe en la figura E. *Portor y Castro 1708:20* Characol BOLADO en una planta esferica.

VUELO, *buelo*. Porción de elemento arquitectónico o constructivo que sobresale del plano del paramento de la pared sobre la que apoya. || Distancia que sobresalen ciertos elementos arquitectónicos o constructivos del plano del paramento de la pared sobre la que apoyan.

Martínez de Aranda c. 1600:109-110 Para traçar este dicho coRedor BOLADO le formaras la pared del claustrio *que* es la linia de la planta A y asimismo formaras el BUELO y salida del coRedor *que* es la linia de la planta B y esta dicha salida sera la mitad de cualquiera de los arcos C fuera de

la clabe. *Portor y Castro 1708:20* Aora dale el BUELO *que* hubieres menester adbirtiendo que no a de ser muy cresido el BUELO *por que* esta escalera no es *para* mucho BUELO.

YNDULÇIDO, endulcido, adulcido (fr. *adoucie*) Arco o curva obtenidos uniendo una serie de puntos, tomándolos de tres en tres con el compás o por otro método.

Vandelvira c. 1580:18 v. Divide el mayor en partes iguales y mientras mas partes los dividieres mas ADULCIDA saldra la cercha. *Martínez de Aranda c. 1600:4* con las distançias *que* vbiere de vnos plomos a otros en la dicha linia **Q** formaras el arco YNDULÇIDO **R** coxiendo todas las alturas de los dichos plomos desde los puntos *que* les conbiniere.

YNDULÇIR, aduclir (fr. *adoucir*) Endulzar, suavizar, hacer llevadero un trabajo. || Unir una serie de puntos mediante curvas trazadas a sentimiento, tomando los puntos de tres en tres con el compás, o mediante otro método.

Vandelvira 1580:18 v los puntos por do ha de ir el arco, los [...] irás ADULCIENDO con el compás de tres en tres puntos o con la mano si fueren los puntos espesos. *Martínez de Aranda c. 1600 9-10* este dicho arco **B** se a de YNDULÇIR con el altura *que* tubieren los plomos en el arco **A** y con las distançias *que* vbiere de unos plomos a otros en qualquiera de los lados de la planta **C**.

YINTERMEDIO. Plano equidistante de las dos testas de un arco.

Martínez de Aranda c. 1600:97 asimismo formaras el arco **C** *que* es el arista *que* proçediere de la linia del YINTERMEDIO **D**.

BIBLIOGRAFÍA

- AA. VV., *El Escorial. Biografía de una época (La Historia) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Dirección General de Bellas Artes y Archivos, 1986.
- AA. VV., *Guía práctica de la cantería. El trabajo de la piedra*, León, Escuela Taller de Restauración 'Centro Histórico', 1993.
- ACKERMAN, James S., «Ars sine scientia nihil est. Gothic Theory of Architecture at the Cathedral of Milan», *Art Bulletin*, 1949, pp. 84-111.
- ACKERMAN, James S., «Architectural practice in the Italian Renaissance», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1954, pp. 3-11.
- ACKERMAN, James S., *The Architecture of Michelangelo*, Londres, Zwemmer, 1961 (2ª ed. de bolsillo, Harmondsworth, Pelican, 1986).
- ACKERMAN, James S., *Palladio*, Londres, Pelican, 1966.
- ACLAND, James H., *Medieval Structure: The Gothic Vault*, Toronto, University of Toronto Press, 1972.
- ALADENISE, V., *Taille de pierre, technologie*, París, Librairie du Compagnonnage, 1991 (4ª ed).
- ALBERTI, Leon Battista, *De Re Aedificatoria*, Florencia, Nicolai Laurentii Alamani, 1485 (Manuscrito c. 1440. Ed. R. Bonelli y P. Portoghesi, Milán, Orlandi, 1966; tr. inglesa de Joseph Rykwert et. al., *On the art of building in ten books*, MIT, Cambridge, 1988; tr. esp. de Javier Fresnillo Núñez, *Los diez libros de arquitectura*, Madrid, Akal, 1991).
- ALBERTI, Leon Battista, *Los Diez Libros de Arquitectura de Leon Baptista Alberto*, Madrid, Alonso Gómez, 1582 (1ª trad. al castellano, de Francisco Lozano o Rodrigo Zamorano. Ed. facsímil Oviedo, Colegio de Aparejadores, 1975).
- ALMAGRO GORBEA, Antonio, y Pedro SALMERÓN ESCOLAR, «La Catedral de Granada. Documentación y levantamientos fotogramétricos», en *La conservación del Patrimonio Catedralicio*, Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1993, pp. 99-112.
- ALONSO DE LA SIERRA FERNANDEZ, Lorenzo, «El convento de Santa María de Cádiz. Datos sobre su arquitectura», *Atrio. Revista de historia del arte*, 1990, pp. 107-118.
- ALONSO DE LA SIERRA FERNANDEZ, Lorenzo, «Aportaciones de Alonso de Vandelvira a la configuración de Cádiz tras el asalto anglo-holandés de 1596», *Cuadernos de Arte*, 1994, pp. 47-59 .
- ALONSO RUIZ, Begoña, «Urbanismo y clasicismo en Santander: La plaza vieja hacia 1600», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 319-323.
- AMPLIATO BRIONES, Antonio Luis, «Una propuesta evolutiva. La construcción del espacio en la iglesia del hospital de la Sangre, obra de Hernán Ruiz II», *Quatro edificios sevillanos*, Sevilla, Colegio de Arquitectos, 1996.
- ANDRÉS ORDAX, Salvador, et al., *Inventario artístico de Cáceres y su provincia*, Madrid, Ministerio de Cultura, 1989.
- ANGULO INÍGUEZ, Diego, «La iglesia parroquial de La Guardia (Jaén)», *Boletín de la Academia de Bellas Artes de San Fernando*, 1971, p. 83.
- ANÓNIMO, *Manuscrito de cantería*, (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 12.686. Atribuido a Pedro de Albiz).
- ANÓNIMO, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 12.744. Lleva la mención 'Sacado de Baldeelbira, fragmentos de dibujos y discursos de arquitectura de Alonso de Van de Elvira ordenados acaso por Felipe de Lázaro de Goiti').
- ANÓNIMO, *De Arquitectura*, c. 1550 (Manuscrito. Biblioteca Nacional, Madrid. Ed. facsímil, Murcia, Colegio de Arquitectos Técnicos, 1995).
- ANÓNIMO, *Libro del maestro WG*, 1560 (Ed. facsímil en François Bucher, *Architector*, Nueva York, Abaris, 1979).
- ANTÓN SOLE, Pablo, «La capilla del nuevo sagrario de la Catedral Vieja de Cádiz», *Archivo Hispalense*, 1966.
- ANTÓN SOLE, Pablo, «La catedral vieja de Santa Cruz de Cádiz. Estudio histórico y artístico de su arquitectura», *Archivo Español de Arte*, 1975, pp. 83-96.
- ARAMBURU-ZABALA, Miguel Ángel, y Begoña ALONSO RUIZ, «La arquitectura después de Herrera», en *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunewerg, 1997, pp. 235-284.
- ARCINIEGA GARCÍA, Luis, «La representación de la arquitectura en construcción en torno al siglo XVI», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 49-56.
- ARENAS DE PABLO, Juan J., «Las bóvedas de puente antes de los ingenieros», *OP*, 1996, pp. 8-17.

- ARFE Y VILLAFANE, Juan, *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura.*, Sevilla, Andrea Pescioni y Juan de León, 1585 (Ed. facsímil, Valencia, Albatros, 1979).
- ARGAN, Giulio Carlo, *Brunelleschi*, Milán, Mondadori, 1955 (Tr. española de Juan Bassegoda Nonell, *Brunelleschi*, Madrid, Xarait, 1981).
- ARGAN, Giulio Carlo, *L'architettura barocca in Italia*, Milán, Aldo Garzanti, 1957 (Tr. española de Víctor Magno Boyé, *La arquitectura barroca en Italia*, Buenos Aires, Nueva Visión, 1984).
- ARNAU AMO, Joaquín, *Palladio y la Antigüedad clásica*, Murcia, Colegio de Arquitectos, 1988.
- ARRÁZOLA ECHEVERRÍA, María Asunción, *El Renacimiento en Guipúzcoa*, San Sebastián, Diputación, 1967.
- ASCANI, Valerio, «Le dessin d'architecture medieval en Italie», en Roland Recht, ed., *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, Estrasburgo, Editions Les Musées de la Ville de Strasbourg, 1989, pp. 255-277.
- ASENJO SEDANO, Carlos, «Diego de Siloé en la Catedral de Guadix», en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, Universidad de Granada, 1977, pp. 214-225.
- ÁVILA JALVO, José Miguel, «Análisis geométrico y mecánico de las bóvedas planas del Monasterio de San Lorenzo de El Escorial», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 29-33.
- AZCÁRATE, José María de, «Sobre el arco de Jamete en la catedral de Cuenca», *Archivo Español de Arte*, 1945, pp. 178-180.
- AZCÁRATE, José María de, «Términos del gótico castellano», *Archivo Español de Arte*, 1948, pp. 259-275.
- AZCÁRATE, José María de, «El Convento de Uclés y Francisco de Luna, maestro de cantería», *Archivo Español de Arte*, 1956, pp. 173-188.
- AZCÁRATE, José María de, «La obra toledana de Juan Guas», *Archivo Español de Arte*, 1956, pp. 9-42.
- AZCÁRATE, José María de, «Iglesias toledanas de tres naves cubiertas con bóvedas de crucería», *Archivo Español de Arte*, 1958, pp. 213-236.
- AZCÁRATE, José María de, *Arte Gótico en España*, Madrid, Cátedra, 1990.
- BADAWY, Alexander, «Ancient constructional diagrams in egyptian architecture», *Gazette des Beaux-Arts*, 1986, pp. 51-56.
- BAILS, Benito, *Elementos de Matemática...*, Madrid, Joaquín Ibarra, 1779-1787 (Ed. facsímil del Tomo IX, parte I: *De la Arquitectura Civil*, Murcia, Colegio de Arquitectos Técnicos, 1983).
- BAILS, Benito, *Diccionario de Arquitectura Civil*, Madrid, Viuda de Ibarra, 1802 (Ed. facsímil 1991, Zaragoza, Colegio de Arquitectos).
- BANDA Y VARGAS, Antonio de la, *El arquitecto andaluz Hernán Ruiz II*, Sevilla, Universidad, 1974.
- BAQUERO ALMANSA, Andrés, *Rebuscos*, s. l., s. e., 1902 (Ed. Academia Alfonso X, *Rebuscos y documentos sobre la historia de Cartagena, Cehegín, Mula y Murcia*, 1982).
- BAQUERO ALMANSA, Andrés, *Catálogo de los profesores de las Bellas Artes Murcianos*, Murcia, Nogués, 1913 (Ed. facsímil Murcia, Ayuntamiento, 1980).
- BARBE-COQUELIN DE LISLE, Geneviève, «El Tratado de Arquitectura de Vandelvira y la estereotomía en España», en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, Universidad de Granada, 1977, pp. 226-232.
- BARBE-COQUELIN DE LISLE, Geneviève, «Introducción», en Alonso de Vandelvira, *Tratado de arquitectura*, Albacete, Caja de Ahorros, 1977, pp. 1-36.
- BARBE-COQUELIN DE LISLE, Geneviève, «Noticia del 'Breue tratado de todo tipo de bóvedas'», en Juan de Torija, *Breue tratado de todo tipo de bóvedas así regulares como irregulares ...*, Madrid, Albatros, 1981, pp. 11-19.
- BARBE-COQUELIN DE LISLE, Geneviève, «Progresos de la cantería y nivel científico en España en la época de Juan de Herrera», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 129-136.
- BARNES, Carl F., «The gothic architectural engravings in the cathedral of Soissons», *Speculum*, 1972, pp. 60-64.
- BARREIRO PEREIRA, Paloma, y Carlos DE RIAÑO LOZANO, «Biografía de un humanista», en *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunewerg, 1997, pp. 25-37.
- BASSEGODA NONELL, Juan, «La bóveda catalana», *Anales de Arquitectura*, 1990, pp. 146-147.

- BATTISTI, Eugenio, «El concepto de imitación en el Renacimiento italiano», *Commentari*, 1956 (Ahora en *Rinascimento e Barroco*, Turín, Einaudi, 1960. Tr. española de María del Carmen Borra, *Renacimiento y Barroco*, Madrid, Cátedra, 1990, pp. 124-150).
- BATTISTI, Eugenio, «Propuestas para una historia del concepto de manierismo en arquitectura», *Bulletino del Centro Internazionale di Studi di Architettura 'Andrea Palladio'*, 1967 (Texto de una conferencia en el Centro di Studi Internazionale d'Architettura di Vicenza; después apareció en *In luoghi d'avanguardia antica*, Reggio Calabria, Casa del Libro, 1981. Tr. española de Juan A. Calatrava, *En lugares de vanguardia antigua*, Madrid, Akal, 1993, pp. 94-143).
- BATTISTI, Eugenio, «Innovadores y conservadores en la historia de la catedral de Milán», *Actas del Congreso Internacional sobre la Catedral de Milán*, 1969 (Ahora en *In luoghi d'avanguardia antica*, Reggio Calabria, Casa del Libro, 1981. Tr. española de Juan A. Calatrava, *En lugares de vanguardia antigua*, Madrid, Akal, 1993, pp. 10-31).
- BATTISTI, Eugenio, «Il metodo progettuale secondo il 'De re aedificatoria' di Leon Battista Alberti», *Il Sant'Andrea di Mantova e Leon Battista Alberti*, Mantua, Biblioteca Comunale, 1974 (Ahora en *In luoghi d'avanguardia antica*, Reggio Calabria, Casa del Libro, 1981. Tr. española de Juan A. Calatrava, *En lugares de vanguardia antigua*, Madrid, Akal, 1993, pp. 38-83).
- BATTISTI, Eugenio, «Bramante, creador del espacio moderno», *Il veltro*, 1975 (Texto de una conferencia en la Casa Italiana de la Columbia University; ahora en *In luoghi d'avanguardia antica*, Reggio Calabria, Casa del Libro, 1981. Tr. española de Juan A. Calatrava, *En lugares de vanguardia antigua*, Madrid, Akal, 1993, pp. 85-94).
- BATTISTI, Eugenio, *Filippo Brunelleschi*, Milán, Electa, 1976.
- BATTISTI, Eugenio, *Una entrevista a Filippo Brunelleschi*, 1977 (Broma preparada por Eugenio Battisti para una exposición de planos de la cúpula de Santa María del Fiore; después apareció en *In luoghi d'avanguardia antica*, Reggio Calabria, Casa del Libro, 1981. Tr. española de Juan A. Calatrava, *En lugares de vanguardia antigua*, Madrid, Akal, 1993, pp. 32-37).
- BAYÓN, Damián, *L'Architecture en Castile au XVIe siècle*, 1967 (Tr. española, *Mecenazgo y arquitectura en el Dominio Castellano: 1475-1621*, Granada, Diputación, 1991).
- BEAUJEAN, Guy, «La science dans l'occident médiéval chrétien», en René Taton, ed., *La science antique et medievale*, París, PUF, 1957 (2ª ed. revisada, 1966).
- BECHMANN, Roland, «Les dessins techniques du Carnet de Villard de Honnecourt», en *Carnet de Villard de Honnecourt*, París, Stock, 1986 (Tr. española de Yago Barja de Quiroga, *Villard de Honnecourt. Cuaderno*, Madrid, Akal, 1991).
- BECHMANN, Roland, *Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIIIe siècle et sa communication*, París, Picard, 1991 (2ª ed. revisada y aumentada 1993).
- BENITO GOERLICH, Daniel, et al., «Valencia», *La España Gótica. Valencia y Murcia*, Madrid, Encuentro, 1989.
- BENVENUTO, Edoardo, «Entre mécanique et architecture», en Patricia Radelet-de Grave y Edoardo Benvenuto, ed., *Entre mécanique et architecture*, Basel - Boston - Berlin, Birkhäuser Verlag, 1995, pp. 7-18.
- BÉRCHEZ, Joaquín, y Francesc JARQUE, *Arquitectura Renacentista valenciana*, Valencia, Bancaixa, 1994.
- BERMEJO, Elisa, «Bartolomé de Zumbigo, arquitecto del siglo XVII», *Archivo Español de Arte*, 1954, pp. 291-302.
- BETTS, Richard J., «Structural Innovation and Structural Design in Renaissance Architecture», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1993.
- BISCHOFF, Franz, «Les maquettes d'architecture», en Roland Recht, ed., *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, Estrasburgo, Editions Les Musées de la Ville de Strasbourg, 1989, pp. 287-295.
- BLANCO ESQUIVIAS, Beatriz, «Sobre el debate entre arquitectos profesionales y arquitectos artistas en el Barroco Madrileño. Las posturas de Herrera, Olmo, Donoso y Ardemans», *Espacio, tiempo y forma. Historia del Arte*, 1991, pp. 159-194.
- BLONDEL, François-Nicolas, *Cours d'architecture*, París, El autor, 1683.
- BLUNT, Anthony, *Artistic theory in Italy, 1450-1600*, Oxford, Oxford University Press, 1940 (Tr. española de la 2ª ed. de 1956 de Jose Luis Checa Cremades, *La teoría de las artes en Italia 1450-1600*, Madrid, Cátedra, 1979).

- BLUNT, Anthony, *Art and Architecture in France 1500 -1700*, Londres, Pelican, 1953 (4º ed. 1980, 486 pg. Trad. española de Fernando Toda, *Arte y arquitectura en Francia 1500-1700*, Madrid, Cátedra, 3ª ed. 1992).
- BLUNT, Anthony, *Philibert de l'Orme*, Londres, Zwemmer, 1958.
- BONDE, Sheila, Robert MARK, y Erwin C. ROBINSON, «Walls and other vertical elements», en Robert Mark, ed., *Architectural Technology up to the Scientific Revolution*, Cambridge, Mass., MIT Press, 1993, pp. 52-137.
- BONET CORREA, Antonio, «El urbanismo barroco y la plaza del Obradoiro en Santiago de Compostela», *Archivo Español de Arte*, 1959, pp. 215-228.
- BONET CORREA, Antonio, «Aspectos renacentistas de la Catedral de Murcia», en *Santa Iglesia Catedral. V Centenario de su consagración ...*, Murcia, Ayuntamiento, 1966 (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, como «Vitruvio y la catedral de Murcia», pp. 27-35).
- BONET CORREA, Antonio, *La arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*, Madrid, Instituto Diego Velázquez, 1966 (2º ed. 1984).
- BONET CORREA, Antonio, «Juan de Arfe y Villafañe», en Juan de Arfe, *De Varia Commensuración para la Escultura y Arquitectura*, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1974 (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, pp. 37-84).
- BONET CORREA, Antonio, «Le scale imperiale spagnoli», en *Galeazzo Alessi e l'architettura del cinquecento. Atti del Convegno Internazionale di studi*, Génova, Sagep, 1975, pp. 631-645.
- BONET CORREA, Antonio, *Andalucía Barroca*, Barcelona, Polígrafa, 1978.
- BONET CORREA, Antonio, «Los libros III y IV 'De Varia Commensuración para la escultura y arquitectura y la descripción de la traza y ornato de la custodia de plata de la catedral de Sevilla», en Juan de Arfe, *De Varia Commensuración para la Escultura y Arquitectura. Libros III y IV*, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1978 (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, pp. 85-94).
- BONET CORREA, Antonio, «Simón García, tratadista de arquitectura», en Simón García, *Compendio de Arquitectura y Simetría de los Templos*, Churubusco, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, 1979 (Reproducido en la ed. de 1991, Valladolid, Colegio de Arquitectos, y en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, pp. 179-190).
- BONET CORREA, Antonio, *Qué es un tratado de arquitectura, o la biblioteca ideal del perfecto arquitecto y del constructor práctico*, Madrid, Biblioteca Nacional, 1981 (Folleto editado para la Exposición Bibliográfica del Libro Antiguo de Arquitectura en España, 23-1 a 15-2 de 1981, Madrid, Biblioteca Nacional. Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, pp. 11-26).
- BONET CORREA, Antonio, «Juan Caramuel de Lobkowitz, polígrafo paradigmático del Barroco», en Juan Caramuel, *Arquitectura civil recta y oblicua*, Madrid, Turner, 1984 (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, pp. 191-234).
- BONET CORREA, Antonio, «Ginés Martínez de Aranda, arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte», en Gines Martínez de Aranda, *Cerramientos y trazas de Montea*, Madrid, Servicio Histórico Militar, 1986 (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, pp. 119-140).
- BONET CORREA, Antonio, «Los tratados de monte y cortes de piedra españoles en los siglos XVI, XVII y XVIII», *Academia*, 1989, pp. 29-62 (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, pp. 105-118).
- BONET CORREA, Antonio, «Dos ejemplos de cortes de cantería de Ginés Martínez de Aranda en Santiago de Compostela», en *En torno al arte auriense. Homenaje a Don José González Paz.*, Santiago - Orense, Universidad - Diputación, 1990 (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, Alianza, 1993, pp. 141-145).
- BONET CORREA, Antonio, «Galicia Barroca», en *Galicia no tempo. Conferencias / otros estudios. Nuevas visiones en torno a la temática de Galicia no tempo*, Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, 1991, pp. 187-196.

- BONET CORREA, Antonio, «Nota sobre un manuscrito del arquitecto Antonio Ramos», en Rosario Camacho, ed., *El manuscrito sobre la gravitación de los arcos contra sus estribos del arquitecto Antonio Ramos*, Málaga-Madrid, Colegio de Arquitectos-Academia de San Fernando, 1992 (Ahora en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, Madrid, 1993, pp. 317-322).
- BOSSE, Abraham, *La pratique du traict a preuues de M. Desargues pour la coupe des pierres en l'Architecture*, París, Abraham Bosse, 1643.
- BOTTINEAU-FUCHS, Yves, «Abraham Bosse 'interprète' de Desargues», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, pp. 371-388.
- BOUDON, François, y Jean BLECON, «Le vis, la marche et le noyau: leurs relations au début du XVI siècle», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance. Actes du colloque tenu à Tours du 22 au 26 mai 1979*, París, Picard, 1985, pp. 75-82.
- BRANNER, Robert, «A note on Gothic architects and scholars», *Burlington Magazine*, 1957, pp. 372-375.
- BRANNER, Robert, «Three problems from the Villard de Honnecourt manuscript», *Art Bulletin*, 1957, pp. 61-67.
- BRANNER, Robert, «Drawings from a thirteenth-century architects' shop: the Reims palimpsest», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1958, pp. 9-21.
- BRANNER, Robert, «Villard de Honnecourt, Archimedes and Chartes», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1960, pp. 91-96.
- BRANNER, Robert, «Villard de Honnecourt, Reims and the origin of gothic architectural drawing», *Gazette des Beaux-Arts*, 1963, pp. 129-146.
- BRUSCHI, Arnaldo, *Bramante*, Londres, Thames and Hudson, 1973 (Tr. española de Rosario Ochoa y Consuelo Luca de Tena, *Bramante*, Madrid, Xarait, 1987).
- BUCHER, François, «Design in Gothic Architecture. A preliminary assessment», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1968, pp. 49-71.
- BUCHER, François, «A rediscovered tracing by Villard de Honnecourt», *Art Bulletin*, 1977, pp. 315-318.
- BUCHER, François, «Micro Architecture as the 'Idea' of Gothic theory and style», *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, 1978, pp. 487-489.
- BUCHER, François, «Villard de Honnecourt», *Architector. The Lodge Books and Sketchbooks of Medieval Architects*, Nueva York, Abaris, 1979.
- BUCHER, François, «Master WG», *Architector. The Lodge Books and Sketchbooks of Medieval Architects*, Nueva York, Abaris, 1979.
- BUCHER, François, «Preface», *Architector. The Lodge Books and Sketchbooks of Medieval Architects*, Nueva York, Abaris, 1979.
- BURNS, Howard, «Buiding and construction in Palladio's Vicenza», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, París, Picard, 1991, pp. 191-226.
- BURROUGHS, Charles, «Alberti e Roma», en Joseph Rykwert, ed., *Leon Battista Alberti*, Milán, Electa, 1994, pp. 134-157.
- BURY, John B., «Las contribuciones de Juan de Herrera al proyecto de El Escorial», *Goya*, 1986, pp. 330-335.
- BUSTAMANTE GARCÍA, Agustín, «La influencia italiana en la escalera española del Renacimiento», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance. Actes du colloque tenu à Tours du 22 au 26 mai 1979*, París, Picard, 1985, pp. 171-174.
- BUSTAMANTE GARCÍA, Agustín, «Juan de Herrera y el Escorial», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 17-26.
- BUSTAMANTE GARCÍA, Agustín, *El siglo XVII. Clasicismo y barroco*, Madrid, Sílex, 1993.
- BUSTAMANTE GARCÍA, Agustín, *La octava maravilla del mundo : estudio histórico sobre el Escorial de Felipe II*, Madrid, Alpuerto, 1994.
- BUSTAMANTE GARCÍA, Agustín, «La arquitectura de Felipe II», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, Madrid, Fundación Argentaria, 1998, pp. 491-512.
- BUSTAMANTE, Agustín, y Fernando MARÍAS, «El Escorial y la cultura arquitectónica de su tiempo», en *El Escorial en la Biblioteca Nacional. IV centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Ministerio de Cultura, 1985, pp. 117-148.
- BUSTAMANTE GARCÍA, Agustín, «En torno al clasicismo: Palladio en Valladolid», *Archivo español de Arte*, 1979, pp. 35-54.

- BUTTERFIELD, H., *The Origins of Modern Science*, G. Bell & Sons, 1958 (Tr. española de L. Castro, *Los orígenes de la ciencia moderna*, Taurus, Madrid, 1958).
- CABEZAS GELABERT, Lino, «'Ichnographia', la fundación de la arquitectura», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1992, pp. 82-94.
- CABEZAS GELABERT, Lino, «Del 'arte de la cantería' al 'oficio de la cantería'», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 137-142.
- CABEZAS GELABERT, Lino, «Los modelos tridimensionales de arquitectura», *Anales de Arquitectura*, 1993, pp. 5-14.
- CABRERA CRUZ, Alfonso, «La fortificación de los puertos de América: Cartagena de Indias», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, Madrid, Fundación Argentaria, 1998, pp. 275-292.
- CALÍ, Maria, *Da Michelangelo all' Escorial*, Turín, Einaudi, 1980 (Trad. española de Jose Luis Sancho y Anselmo Alonso, *De Miguel Angel al Escorial*, Madrid, Akal, 1994).
- CALÍ, Maria, «El Escorial, la 'Figura cúbica' de Herrera y Miguel Angel», *Academia*, 1986, pp. 185-218.
- CALVO LÓPEZ, José, «Los trazados de cantería en la 'Teórica y práctica de fortificación' de Cristóbal de Rojas», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 67-75.
- CAMACHO MARTÍNEZ, Rosario, *El manuscrito sobre la gravitación de los arcos contra sus estribos del arquitecto Antonio Ramos*, Málaga-Madrid, Colegio de Arquitectos-Academia de San Fernando, 1992.
- CÁMARA MUÑOZ, Alicia, «Tratados de arquitectura militar en España. Siglos XVI y XVII», *Goya*, 1980, pp. 338-345.
- CÁMARA MUÑOZ, Alicia, «La arquitectura militar y los ingenieros de la monarquía española: aspectos de una profesión. (1530-1650)», *Revista de la Universidad Complutense*, 1981, pp. 255-269.
- CÁMARA MUÑOZ, Alicia, «Fortificación, ciudad y defensa de los reinos peninsulares en la España imperial», en *La città e le mura*, Roma - Bari, Laterza, 1989 (Ed. española, *La ciudad y las murallas*, Madrid, Cátedra, 1991, pp. 89-112).
- CÁMARA MUÑOZ, Alicia, «Juan de Herrera y la arquitectura militar», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 91-104.
- CÁMARA MUÑOZ, Alicia, *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, Madrid, Nerea, 1998.
- CÁMARA MUÑOZ, Alicia, «El papel de la arquitectura militar y de los ingenieros», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, Madrid, Fundación Argentaria, 1998, pp. 383-400.
- CAMÓN AZNAR, José María, «La intervención de Rodrigo Gil en el manuscrito de Simón García», *Archivo Español de Arte*, 1941, pp. 300-305.
- CAMÓN AZNAR, José María, *La arquitectura plateresca*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1945.
- CAMÓN AZNAR, José, «El estilo trentino», *Revista de Ideas Estéticas*, 1945 (Ahora en *Boletín del Museo e Instituto 'Camón Aznar'*, IX, 1982).
- CAMÓN AZNAR, José María, *La arquitectura y la orfebrería española del siglo XVI*, Madrid, Espasa Calpe, 1959.
- CAMPILLO, Antonio, *La fuerza de la Razón. Guerra, Estado y ciencia en los tratados militares del Renacimiento, de Maquiavelo a Galileo*, Murcia, Universidad de Murcia, 1987.
- CAMPOS SÁNCHEZ-BORDONA, María Dolores, *Juan de Badajoz y la arquitectura del Renacimiento en León*, León, Universidad, 1993.
- CANO DE GARDOQUI Y GARCÍA, José Luis, «El profesionalismo de los maestros y oficiales de la fábrica del Escorial. La organización de los trabajos», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 27-42.
- CAPITEL, Antón, *Metamorfosis de monumentos y teorías de la restauración*, Madrid, Alianza, 1988.
- CARAMUEL [DE LOBKOWITZ], Juan, *Arquitectura civil recta y obliqua considerada y dibuxada en el templo de Ierusalén ...*, Vigevano, Imprenta Obispal, 1678.
- CARAZO LEFORT, Eduardo, «El modelo de la Catedral de Valladolid», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, p. 95.
- CASASECA CASASECA, Antonio, «Trazas para la catedral de Segovia», *Archivo Español de Arte*, 1978, pp. 29-50.
- CASASECA CASASECA, Antonio, *Rodrigo Gil de Hontañón (Rascafría, 1500 - Segovia, 1577)*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1988.

- CASTRO VILLALBA, Antonio, *Historia de la construcción medieval. Aportaciones*, Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, 1996.
- CERVERA VERA, Luis, *El 'ingenio' creado por Juan de Herrera para cortar hierro*, Madrid, Castalia, 1972.
- CERVERA VERA, Luis, *Inventario de los bienes de Juan de Herrera*, Valencia, Albatros, 1977.
- CERVERA VERA, Luis, *Documentos biográficos de Juan de Herrera 1572-81*, Madrid-Zaragoza, Academia de San Fernando - Museo e Instituto Camón Aznar, 1981.
- CERVERA VERA, Luis, «Juan de Herrera diseña la Lonja de Sevilla», *Academia*, 1981, pp. 161-84.
- CERVERA VERA, Luis, *Arquitectura del Colegio Mayor de Santa Cruz de Valladolid*, Valladolid, Universidad de Valladolid, 1982.
- CERVERA VERA, Luis, «Tres homónimos y contemporáneos del arquitecto escorialense Juan de Herrera», *Boletín del Seminario de Arte y Arqueología*, 1982, pp. 221-232.
- CERVERA VERA, Luis, *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, Valencia, Albatros, 1985.
- CERVERA VERA, Luis, «Desarrollo y organización de las obras del Monasterio de San Lorenzo el Real del Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, pp. 19-82.
- CERVERA VERA, Luis, «La construcción del Colegio Mayor de Santa Cruz de Valladolid», en Salvador Andrés Ordax y Javier Rivera, coord., ed., *La Introducción del renacimiento en España. El Colegio de Santa Cruz (1491-1991)*, Valladolid, Colegio de Arquitectos, 1992, pp. 101-123.
- CHANFÓN OLMOS, Carlos, «Simón García y la proporción geométrica», en Simón García, *Compendio de Arquitectura y Simetría de los Templos*, Churubusco, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, 1979 (Reproducido en la ed. de 1991, Valladolid, Colegio de Arquitectos, pp. 31- 42).
- CHASTEL, André, *Art et Humanisme a Florence au temps de Laurent le Magnifique*, París, PUF, 1959 (Tr. esp. de Luis López Jiménez y Luis Eduardo López Esteve, *Arte y Humanismo en Florencia en la época de Lorenzo el Magnífico*, Madrid, Cátedra, 1991).
- CHATELET-LANGE, Liliane, «La 'forma ovale si come costumaron li antichi romani': Salles et cours ovales en France au seizième siècle», *Architectura*, 1976, pp. 128-147.
- CHECA, Fernando, «Las construcciones del Príncipe Felipe», en *Ideas y diseños (La Arquitectura) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Dirección General de Arquitectura, 1986, pp. 23-45.
- CHECA, Fernando, «Los ingenieros del Renacimiento y la mentalidad clasicista», en *Herrera y el clasicismo*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1986, pp. 33-44.
- CHECA, Fernando, «El estilo clásico», en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, Madrid, Cátedra, 1989, pp. 251-380.
- CHOAY, Françoise, «Alberti et Vitruve», *Architectural Design*, 1979, pp. 26-35.
- CHOISY, Auguste, *Histoire de l'Architecture*, París, Gauthier-Villars, 1899 (Ed. 1943; ed. facsímil, Inter-Livres).
- CHUECA GOITIA, Fernando, «Arquitectura, número y geometría: a propósito de la Catedral de Valladolid», *Revista de Ideas Estéticas*, 1945, pp. 17-41.
- CHUECA GOITIA, Fernando, «Sobre arquitectura y arquitectos madrileños del siglo XVII», *Archivo Español de Arte*, 1945, pp. 360-374.
- CHUECA GOITIA, Fernando, *La catedral nueva de Salamanca. Historia documental de su construcción*, Salamanca, Universidad de Salamanca, 1951.
- CHUECA GOITIA, Fernando, *Arquitectura del siglo XVI*, Madrid, Plus Ultra, 1953.
- CHUECA GOITIA, Fernando, *Historia de la Arquitectura Española*, Madrid, Dossat, 1965.
- CHUECA GOITIA, Fernando, *Andrés de Vandelvira, arquitecto*, Jaén, Diputación, 1971 (Redactado en 1953; ed. parcial Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1954; ed. 1995, Riquelme y Vargas Ediciones).
- CIRICI, Alexandre, *Arquitectura gótica catalana*, Barcelona, Lumen, 1968.
- COBREROS VIME, Miguel Angel, «Proporción y estructura en los edificios civiles del Renacimiento», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 139-145.
- COFFIN, David R., «Padre Guarino Guarini in Paris», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1956, pp. 3-11.

- COLOMBIER, Pierre du, y Pierre D'ESPEZEL, «Le sixième livre retrouvé de Serlio et l'architecture française de la Renaissance», *Gazette des Beaux-Arts*, 1934, pp. 42-59.
- COLOMBIER, Pierre du, *Les chantiers des cathédrales*, París, 1953 (Ed. París, Picard, 1973).
- CONANT, Kenneth John, *The early architectural history of the Cathedral of Santiago de Compostela*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1936 (Ed. facsímil con trad. gallega y castellana de Justo García Beramendi y estudio de Serafín Moralejo Álvarez, *Arquitectura Románica da catedral de Santiago de Compostela*, Santiago, Colegio de Arquitectos, 1983).
- COROMINAS, J[oa]n, *Diccionario Crítico - Etimológico de la Lengua Castellana*, Berna, Francke, 1959.
- COVARRUBIAS, Sebastián de, *Tesoro de la lengua castellana o española*, (2ª ed. 1674, con adiciones de Benito Remigio Noydens. Ed. 1943, Martín de Riquer; reimpr. 1987, Barcelona, Altafulla).
- DERAND, P. François, *L'Architecture des voutes ou l'art des traits et coupe des voutes*, París, Sébastien Cramoisy, 1643.
- DESCARTES, René, *Discours de la methode, la Dioptrique, les Meteores & la Geometrie*, Leiden, Jean Mairie, 1637 (Tr. española de Guillermo Quintás Alonso, *Discurso del Método, Dióptrica, Meteoros y Geometría*, Madrid, Alfaguara, 1981).
- DÍAZ FERNÁNDEZ, Antonio José, «Fray Lorenzo de San Nicolás y la iglesia de Novés (Toledo)», *Espacio, tiempo y forma. Historia del Arte*, 1996, pp. 107-125.
- DÍAZ-PINÉS MATEO, Fernando, «El problema de la sección en las representaciones gráficas de la arquitectura medieval», *Anales de Arquitectura*, 1995, pp. 5-19.
- DÍEZ DEL CORRAL GARNICA, Rosario, «La introducción del Renacimiento en Toledo: el Hospital de Santa Cruz», *Academia*, 1986, pp. 161-183.
- DÍEZ DEL CORRAL GARNICA, Rosario, *Arquitectura y mecenazgo. La imagen de Toledo en el Renacimiento*, Madrid, Alianza, 1987.
- DOCCI, Mario, Riccardo MIGLIARI y Carlo BIANCHINI, «Las 'vies parallèles' de Girard Desargues et de Guarino Guarini. Fondateurs de la science moderne de la représentation», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, pp. 395-412.
- DUBY, Georges, *Le temps des Cathédrales. L'art et la société, 980-1420*, Ginebra, Skira, 1966 (Tr. esp. de Arturo R. Firpo, *La época de las catedrales. Arte y sociedad, 980-1420*, Madrid, Cátedra, 1993).
- ENCISO VIANA, Emilio, et. al., «Arciprestazgo de Laguardia», *Catálogo Monumental Diócesis de Vitoria*, Vitoria, Obispado-Caja de Ahorros, 1967.
- ERLANDE-BRANDENBURG, Alain, «Villard de Honnecourt, l'architecture et la sculpture», en *Carnet de Villard de Honnecourt*, París, Stock, 1986 (Tr. española de Yago Barja de Quiroga, *Villard de Honnecourt. Cuaderno*, Madrid, Akal, 1991).
- ESCOLANO GÓMEZ, Francisco, «Aportación al estudio de la Santa Iglesia Catedral de Baeza», *Cuadernos de Arte*, 1938, pp. 57-84.
- ESCOLANO GÓMEZ, Francisco, «La iglesia de San Andrés de Baeza», *Cuadernos de Arte*, 1942.
- ESTEBAN PIÑEIRO, Mariano, y María Isabel VICENTE, «El nivel atribuido a Juan de Herrera y su fundamento geométrico», *Llull*, 1991, pp. 31-57.
- ESTELLA, Margarita, «El testamento de Juan Francés, maestro de cantería», *Archivo Español de Arte*, 1986, pp. 96-106.
- ETTLINGER, Leopold D., «La aparición del arquitecto italiano durante el siglo XV», en Spiro Kostof, ed., *The Architect. Chapters in the history of the profession.*, Nueva York, Oxford University Press, 1977 (Tr. española, *El arquitecto. Historia de una profesión*, Madrid, Cátedra, 1984).
- EUCLIDES, *Elementos* (Tr. española de María Luisa Puertas Castaños, Madrid, Gredos, 3 vols., 1991-1996).
- EUCLIDES, *Los seis libros primeros de la geometría*, Sevilla, Alonso de Barrera, 1576 (Tr. de Rodrigo Çamorano)
- FALCÓN MÁRQUEZ, Teodoro, *La Catedral de Sevilla. Estudio arquitectónico*, Sevilla, Ayuntamiento, 1980.
- FALCÓN MÁRQUEZ, Teodoro, «El nombramiento de Ginés Martínez de Aranda como maestro mayor de las diócesis de Cádiz y Santiago de Compostela», en *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, Madrid, Universidad Complutense, 1994, pp. 462-468.
- FAVENTINO, M. Cetio, *De diversis fabricis*, (Manuscrito s. III. Ed. París, Vascosan, 1540; ed. facsímil de la de Vascosan, con trad. y noticia introductoria de Agustín Hevia Ballina, Oviedo, Colegio de Arquitectos Técnicos, 1979).

- FÉLEZ LUBELZA, Concepción, «Francisco Florentino. Nuevas observaciones sobre la presencia italiana ...», en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, Universidad de Granada, 1976, pp. 278-279.
- FÉLEZ LUBELZA, Concepción, *El hospital Real de Granada*, Granada, Universidad, 1979.
- FERGUSON, Peter J., «Notes on engraved cistercian drawings», *Speculum*, 1979, pp. 1-17.
- FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, Manuel, *Felipe II y su tiempo*, Madrid, Espasa, 1998.
- FERNÁNDEZ COVIÁN, Esteban, *Guía de Arquitectura. A Coruña*, La Coruña, Colegio de Arquitectos, 1998.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, José, «Cádiz», en *Andalucía. La España gótica*, Madrid, Encuentro, 1992, pp. 337-378.
- FERNÁNDEZ SALAS, José, «Geometría y función estructural en cantería. La cantería y la estereotomía de la piedra en el aprendizaje del arte de construir y otras consideraciones», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 189-196.
- FERNÁNDEZ, Margarita, «La planta oval. Trazo y símbolo», *Loggia*, 1996, pp. 16-21.
- FILARETE, Antonio Averlino llamado, *Trattato*, 1460 (Varios manuscritos c. 1460. Ed. A.M. Finoli y L. Grassi, Milán, Il Polifilo, 1972. Tr. española de Pilar Pedraza, *Tratado de arquitectura*, Vitoria, Ephialte, 1990).
- FITCHEN, John, *The construction of Gothic Cathedrals. A study of medieval vault erection*, Oxford, Clarendon, 1961 (Ed. Chicago, University of Chicago, 1981).
- FITCHEN, John, *Building Construction Before Mechanization*, Cambridge, Mass., MIT, 1989.
- FOCILLON, Henri, *L'Art d'Occident. Le Moyen-Age roman et gothique*, París, Armand Colin, 1938 (Tr. española de Beatriz del Castillo, *El arte de Occidente. La Edad Media románica y gótica*, Madrid, Alianza, 1988).
- FONTAINE, Jacques, *L'art préroman hispanique*, St Léger Vauban, Zodiaque, 1973 (Tr. esp. de Victoria Bastos y Carlos Rodríguez Lafora, *El prerrománico*, Madrid, Encuentro, 1978).
- FORSSMANN, Erik, *Dorisch, jonisch, korinthisch: Studien über den Gebrauch der Säulenordnungen in der Architektur des 16. und 17. Jahrhunderts*, Upsala, 1961 (Tr. española de la tr. italiana de Carmen Marchante, *Dórico, jónico, corintio, en la arquitectura del Renacimiento*, Madrid, Xarait, 1983).
- FOUCAULT, Michel, *Les mots et les choses*, París, Gallimard, 1966 (Tr. española de Elsa Cecilia Frost, *Las palabras y las cosas*, 25 ed., Siglo XXI, Madrid, 1997).
- FRANCÉS, Josep Miquel, et al., «Castellón», *La España Gótica. Valencia y Murcia*, Madrid, Encuentro, 1989.
- FRANKL, Paul, «The secret of the Medieval Masons», *Art Bulletin*, 1945, pp. 46-60.
- FREIRE TELLADO, Manuel J., «Los trazados de monte de factura renacentista del edificio de los escolapios de Monforte de Lemos (Lugo)», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 173-180.
- FREZIER, Amédée-François, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois pour la construction des voutes et autres parties des bâtiments civils et militaires ou traité de stéréotomie à l'usage de l'architecture*, Estrasburgo-París, Jean Daniel Doulsseker-L. H. Guerin, 1737-1739. (Ed. facsímil Nogent-le-Roi, L. A. M. E. 1980).
- FROMMEL, Christoph Luitpold, «Il cantiere di S. Pietro prima di Michelangelo», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, París, Picard, 1991, pp. 175-190.
- GALERA ANDREU, Pedro, «Jaén gótica», en *Andalucía. La España gótica*, Madrid, Encuentro, 1992, pp. 103-172.
- GALERA ANDRÉU, Pedro, *Arquitectura de los siglos XVII y XVIII en Jaén*, Granada, Caja General de Ahorros de Granada, 1977.
- GALERA ANDRÉU, Pedro, «Una familia de arquitectos jiennenses: los Aranda. Estudio genealógico», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 1978, pp. 9-19.
- GALERA ANDRÉU, Pedro, *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, Jaén, Instituto de Estudios Jiennenses, 1982.
- GALERA ANDRÉU, Pedro, «Francisco del Castillo, maestro mayor de la Chancillería de Granada», *Cuadernos de Arte*, 1984, pp. 157-158.
- GALERA ANDRÉU, Pedro, «Arquitectura en el Reino de Jaén», *Historia del Arte en Andalucía*, Sevilla, Geve, 1994.

- GALINDO DÍAZ, Jorge, «La construcción de murallas: un aspecto del saber constructivo presente en los tratados de arquitectura militar (siglos XVI al XVIII)», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 217-222.
- GALLEGO BURÍN, Antonio, *Granada. Guía histórica y artística de la ciudad*, Granada, 1936 (1ª ed. en pliegos de la revista *Cuadernos de Arte*, 1936-1944. 9ª ed. Granada, Comares, 1993, actualizada por Francisco Javier Gallego Roca).
- GÁRATE ROJAS, Ignacio, «Restauración de la Carrera del Darro», *Restauración & Rehabilitación*, 1995, pp. 18-27.
- GARCÍA BERRUGUILLA, Juan, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría sobre las tres dimensiones para un perfecto arquitecto ...*, Madrid, Francisco Mojados, 1747 (Ed. facsímil Murcia, Colegio de Aparejadores, 1979).
- GARCÍA FERNÁNDEZ, Jesús, «Sebastián de la Plaza: arquitecto de la iglesia de las Bernardas y del Colegio de Málaga en Alcalá de Henares», *Archivo Español de Arte*, 1951, pp. 254-259.
- GARCÍA GRANADOS, Juan Antonio, «La iglesia parroquial de Guadahortuna», *Cuadernos de Arte*, 1984, pp. 120-155.
- GARCÍA GUINEA, Miguel Ángel, *El arte románico en Palencia*, Palencia, Diputación, 1961 (5ª ed. 1997).
- GARCÍA IGLESIAS, Jose Manuel, *A catedral de Santiago e o Barroco*, Santiago de Compostela, Colegio de Arquitectos, 1990.
- GARCÍA MELERO, Jose Enrique, «Las ediciones españolas de 'De architectura' de Vitruvio», *Fragmentos*, 1984, pp. 103-127.
- GARCÍA PEÑA, Carlos, *Arquitectura gótica religiosa en la provincia de Cádiz, diócesis de Jerez*, Madrid, Universidad Complutense, 1990 (Tesis doctoral, Universidad Complutense).
- GARCÍA SALINERO, Fernando, *Léxico de alarifes de los siglos de oro*, Madrid, Real Academia Española, 1968.
- GARCÍA TAPIA, Nicolás, «Los 21 libros de los ingenios y las máquinas. Su atribución», *Boletín del Seminario de Arte y Arqueología*, 1984, pp. 434-439.
- GARCÍA TAPIA, Nicolás, *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento Español*, Valladolid, Universidad de Valladolid, 1990.
- GARCÍA TAPIA, Nicolás, «Juan de Herrera y la ingeniería civil», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 71-78.
- GARCÍA TAPIA, Nicolás, «Inventores españoles en el Siglo de Oro», en *Historia de la Técnica*, Barcelona, Prensa Científica, 1995.
- GARCÍA TAPIA, Nicolás, «Juan de Herrera y la ingeniería», en *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunverg, 1997, pp. 208-234.
- GARCÍA, Simón, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos, conforme a la medida del cuerpo humano*, 1681 (Manuscrito 1681, incluyendo otro de Rodrigo Gil de Hontañón. Ed. facs., Churubusco, Escuela de Conservación, Restauración y Museografía, 1979; ed. facsímil y transcr., Valladolid, Colegio de Arquitectos, 1991).
- GARCIA-SAÚCO BELÉNDEZ, Luis Guillermo, *La Catedral de San Juan Bautista de Albacete*, Albacete, Instituto de Estudios Albacetenses, 1979.
- GARÍN ORTIZ DE TARANCO, Felipe María, «Una posible escuela hispanolevantina de crucerías anervadas», en *Homenaje al profesor Cayetano de Mergelina*, Murcia, Universidad, pp. 431-439.
- GARIN, Eugenio, *Il Rinascimento italiano*, Milán, Istituto per gli Studi di Politica Internazionale, 1941 (Ed. italiana Bolonia, Capelli, 1980. Tr. española de Antoni Vicens, *El Renacimiento Italiano*, Madrid, Ariel, 1986).
- GARIN, Eugenio, *Scienza e vita civile nel Rinascimento italiano*, Roma-Bari, Laterza, 1965 (Tr. española de Ricardo Pochtar, *Ciencia y vida civil en el Renacimiento italiano*, Madrid, Taurus, 1982).
- GARMA PONS, Santiago, «Introducción», en Juan García Berruguilla, *Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría*, Murcia, Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 1979.
- GENTIL BALDRICH, José María, «La interpretación de la 'scenografía' vitruviana o una disputa renacentista sobre el dibujo del proyecto», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, pp. 15-34.
- GENTIL BALDRICH, José María, «Una relectura de la 'Carta sobre la Arquitectura' a León X», en *Dibujo y Arquitectura. Investigación Aplicada. Actas del IV Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, Valladolid, Graphes, 1992, pp. 87-98.

- GENTIL BALDRICH, José María, «Sobre el proyecto de arquitectura en el Renacimiento. Traza y modelo en las 'Vidas' de Giorgio Vasari», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, pp. 70-79.
- GENTIL BALDRICH, José María, «La traza oval y la Sala Capitular de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica», en *Quatro edificios sevillanos*, Sevilla, Colegio de Arquitectos, 1996, pp. 73-147.
- GENTIL BALDRICH, Jose María, y Enrique RABASA DÍAZ, «Sobre la Geometría Descriptiva y su difusión en España», en Gaspard Monge, *Geometría Descriptiva*, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, 1996.
- GENTIL BALDRICH, Jose María, «Algunos modelos arquitectónicos del Renacimiento español», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1996, pp. 42-59.
- GÉRARD, Véronique, *De castillo a palacio. El Alcázar de Madrid en el siglo XVI*, Madrid, Xarait, 1984 (Tr. española de Juan del Agua).
- GERARD, Veronique, «L'escalier de l'Alcázar de Madrid», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance. Actes du colloque tenu à Tours du 22 au 26 mai 1979*, París, Picard, 1985, pp. 161-164.
- GERARD POWELL, Véronique, «L'organisation des chantiers royaux en Espagne au XVIe. siècle», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, París, Picard, 1991, pp. 155-164.
- GHYKA, Matila C., *Esthetique des proportions dans la nature et dans les arts*, (Tr. española, *Estética de las proporciones en la naturaleza y las artes*, Poseidón, Buenos Aires, 1983).
- GIL DE HONTAÑÓN, Rodrigo, *Manuscrito, 1540* (Recogido en el manuscrito de Simón García, *Compendio de Arquitectura y simetría de los templos*, 1681. Ed. facsímil y transcripción, Valladolid, Colegio de Arquitectos, 1991).
- GILA MEDINA, Lázaro, y Miguel RUIZ CALVENTE, «El programa iconográfico de la iglesia de Dominicos de La Guardia (Jaén)», *Cuadernos de Arte*, 1984, pp. 183-198.
- GILA MEDINA, Lázaro, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida, su obra y su amplio entorno familiar», *Cuadernos de Arte*, 1988, pp. 65-81.
- GILA MEDINA, Lázaro, *Arte y artistas del Renacimiento en torno a la Real Abadía de Alcalá la Real*, Granada - Alcalá la Real, Universidad - Ayuntamiento, 1991.
- GILA MEDINA, Lázaro, «La arquitectura en Granada a fines del siglo XVI: la escalera del convento de Santa Cruz la Real», *Cuadernos de Arte*, 1992, pp. 159-188.
- GILA MEDINA, Lázaro, y Vicente M. RUIZ PUENTES, «Andrés de Vandelvira: aproximación a su vida y obra», en *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, Sevilla, Consejería de Cultura, 1992, pp. 79-118.
- GILA MEDINA, Lázaro, *Arquitectura religiosa de la Baja Edad Media en Baeza y Úbeda*, Granada, Universidad, 1994.
- GILLES, Bernard, *Les ingénieurs de la Renaissance*, París, Hermann, 1964.
- GIMPEL, Jean, *Les bâtisseurs des cathédrales*, París, Seuil, 1956 (2ª ed. enteramente revisada, Seuil, 1980)
- GIMPEL, Jean, «Villard de Honnecourt, arquitecto e ingeniero», en *Carnet de Villard de Honnecourt*, París, Stock, 1986 (Tr. española de Yago Barja de Quiroga, *Villard de Honnecourt. Cuaderno*, Madrid, Akal, 1991).
- GIORGIO MARTINI, Francesco di, *Codice Torinese Saluzziano 148*, (Ed. C.Maltese, *Tratatti di architettura, ingegneria e arte militare*, Milán, Il Polifilo, 1967).
- GOMBRICH, Ernst, «The Style all'antica: Imitation and assimilation», en *Norm and Form*, Londres, Phaidon, 1971 (Presentado originalmente en el Vigésimo Congreso Internacional de Historia de Arte, Nueva York, 1961. Tr. española de Remigio Gómez Díaz en *Norma y Forma*, Madrid, Alianza, 1984, pp. 249-271).
- GÓMEZ MARTÍNEZ, Javier, «Aproximación al estudio de la construcción en la Nueva España», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 243-246.
- GÓMEZ MARTÍNEZ, Javier, *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Crucería*, Valladolid, Universidad, 1998.
- GÓMEZ PIÑOL, Emilio, *Jacobo Florentino y la obra de talla de la Sacristía de la Catedral de Murcia*, Murcia, 1970.

- GÓMEZ-MORENO CALERA, José Manuel, «Relaciones artísticas entre Jaén y Granada en los inicios de la modernidad: Aproximación a una corriente histórica», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 1989, pp. 59-71.
- GÓMEZ-MORENO CALERA, José Manuel, «El licenciado Lázaro de Velasco, pintor de libros y arquitecto. Aproximación a su biografía y obra», *Boletín de Arte de la Universidad de Málaga*, 1989, pp. 75-92.
- GÓMEZ-MORENO CALERA, José Manuel, *La arquitectura religiosa granadina en la crisis del Renacimiento (1560-1650)*, Granada, Universidad-Diputación, 1989.
- GÓMEZ-MORENO CALERA, José Manuel, *Las iglesias de las Siete Villas (Colomera, Guadabortuna, Illora, Iznalloz, Moclín, Montefrío y Montejícar)*, Granada, Fundación Rodríguez Acosta, 1989.
- GÓMEZ-MORENO, Manuel, *Iglesias mozárabes. Arte español de los siglos IX a XI*, Madrid, Junta para Ampliación de Estudios, 1919 (Reimpresión, Granada, Universidad, 1998).
- GÓMEZ-MORENO, Manuel, «En la Capilla Real de Granada», *Archivo Español de Arte y Arqueología*, 1925, pp. 225-288.
- GÓMEZ-MORENO, Manuel, «Sobre el Renacimiento en Castilla. Notas para un discurso preliminar», *Archivo Español de Arte y Arqueología*, 1925, pp. 1-40.
- GÓMEZ-MORENO, Manuel, *Las águilas del Renacimiento español*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1941 (2ª ed. 1983, Madrid, Xarait, 245 pp).
- GÓMEZ-MORENO, Manuel, *El libro español de Arquitectura*, Madrid, Instituto de España, 1949.
- GÓMEZ-MORENO, Manuel, *Diego Siloé. Homenaje en el IV centenario de su muerte*, Granada, Cuadernos de Arte, 1963.
- GÓMEZ-MORENO, Manuel, *Catálogo Monumental de España. Provincia de Salamanca*, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1967 (Redactado entre 1901 y 1903).
- GONZÁLEZ DE MEDINABARBA, Diego, *Examen de fortificación*, Madrid, Licenciado Varez de Castro, 1599.
- GONZÁLEZ GARCÍA-PAZ, Sebastián, *El Colegio de San Clemente de pasantes de Compostela*, 1934 (Tesis Doctoral, Universidad de Madrid. Editada como *O Colegio de San Clemente de pasantes de Compostela*, Santiago de Compostela, Consorcio de Santiago - Universidad, 1993).
- GONZÁLEZ MORENO-NAVARRO, José Luis, *El legado oculto de Vitruvio*, Madrid, Alianza, 1993.
- GONZÁLEZ MORENO-NAVARRO, José Luis, «Los tratados históricos como documentos para la historia de la construcción», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 255-260.
- GONZÁLEZ SIMANCAS, Manuel, «La catedral de Murcia. Noticia de su fábrica y obras artísticas», *Revista de Archivos, Bibliotecas y Museos*, 1911.
- GONZÁLEZ, Victoriano, «La catedral de Santiago», en *Galice Romane*, St. Léger Vauban, Zodiaque, 1973, pp. 75-183 (Tr. española, *La España Románica. Galicia*, Madrid, Encuentro, 1979).
- GOODMAN, David, *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988 (Trad. española de Víctor Navarro Brótons, Madrid, Alianza, 1990).
- GORDO MURILLO, Carlos, *Bóvedas oblicuas en cantería. Sus elementos y morfología como factores determinantes de su uso*, 1997 (Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid).
- GOY DIZ, Ana, «Los trasmeranos en Galicia: la familia de los Arce», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 147-158.
- GOY DIZ, Ana, *La arquitectura en Galicia en el paso del Renacimiento al Barroco, 1600-1650 Santiago y su área de influencia*, 1995 (Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela).
- GOY DIZ, Ana, *El arquitecto baezano Bartolomé Fernández Lechuga*, Jaén, Universidad, 1997.
- GOY DIZ, Ana, en *Artistas, talleres e gremios en Galicia*, Santiago de Compostela, Universidad, 1998.
- GRACIANI GARCÍA, Amparo, «Aportaciones medievales a la maquinaria de construcción», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 217-224.
- GRODECKI, Catherine, «Les chantiers de la noblesse et de la haute bourgeoisie dans la région parisienne d'après les archives notariales (1540-1600)», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, París, Picard, 1991, pp. 131-154.

- GUARDIA, Alonso de, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, (Manuscrito c. 1600. Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori ...*, Libro II, Venecia, 1566, Biblioteca Nacional de Madrid, ER/4196).
- GUARINI, Guarino, *Architettura Civile*, Turín, Gianfrancesco Mariesse, 1737 (Ed. facsímil Turín 1966).
- GUILLAUME, Jean, «Genèse de l'escalier moderne», en Jean Guillaume, ed., *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance. Actes du colloque tenu à Tours du 22 au 26 mai 1979*, París, Picard, 1985, pp. 9-14.
- GUILLAUME, Jean, «L'escalier dans l'architecture française: la première moitié du XVIe siècle», en Jean Guillaume, ed., *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance. Actes du colloque tenu à Tours du 22 au 26 mai 1979*, París, Picard, 1985, pp. 27-47.
- GULLINI, Giorgio, «The so-called 'petrification' and the birth of the Science of Construction in the Greek Architecture», en Patricia Radelet-de Grave y Edoardo Benvenuto, ed., *Entre mécanique et architecture*, Basel - Boston - Berlin, Birkhäuser Verlag, 1995, pp. 32-46.
- GURRIERI, Francesco, «L'architettura delle fortificazioni dalla Toscana alla Europa», en *Firenze e la Toscana dei Medici nell'Europa del Cinquecento. Il potere e lo spazio. La scena del Principe*, Florencia, Edizione Medicee, 1980, pp. 57-72.
- GUTIÉRREZ, Ramón, *Arquitectura y urbanismo en Iberoamérica*, Madrid, Cátedra, 1983 (2ª Ed. 1992).
- GUTIÉRREZ, Ramón, coord., *Barroco iberoamericano*, Barcelona, Lunwerg, 1997.
- GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, Cristina, «Jerónimo Quijano, un arquitecto del Renacimiento», *Goya*, 1977.
- GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, Cristina, *Arquitectura, economía e Iglesia en el siglo XVI (Murcia y su entorno)*, Madrid, Xarait, 1987.
- GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, Cristina, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, Murcia, Consejería de Cultura, 1987.
- GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, Cristina, «Estudio preliminar», en Anónimo, *De Arquitectura*, Murcia, Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 1995, pp. XIII-XXXV.
- HAGER, Hellmut, «Carlo Fontana and the Jesuit Sanctuary at Loyola», *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, 1974, pp. 280-289.
- HALE, J. R., *Renaissance fortification: Art or Engineering?*, Londres, Thames and Hudson, 1977.
- HALLEUX, Robert, y Anne Catherine BERNES, «Formules d'architectes des les receptaires et les manuscrits d'arpentage de l'Antiquité et du Moyen Age», en Patricia Radelet-de Grave y Edoardo Benvenuto, ed., *Entre mécanique et architecture*, Basel - Boston - Berlin, Birkhäuser Verlag, 1995, pp. 48-66.
- HENARES CUÉLLAR, Ignacio, «Arquitectura y mecenazgo: Ideal aristocrático, reforma religiosa y utopía política en el Renacimiento andaluz», en *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, Sevilla, Consejería de Cultura, 1992, pp. 53-77.
- HERNÁNDEZ GIL, Dionisio, «Prólogo», en José Carlos Palacios, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1990, pp. 8-9.
- HERNÁNDEZ NUÑEZ, Juan Carlos, y Ramón María SERRERA CONTRERAS, «Andalucía y la huella del Renacimiento en Indias», en *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, Sevilla, Consejería de Cultura, 1992, pp. 245-270.
- HERRERA, Juan de, *Discurso de la figura cúbica*, (Manuscrito c. 1580. Transcripción de Edison Simons y Roberto Godoy, *Discurso del Sr. Juan de Herrera, Aposentador Mayor de su Majestad, sobre la figura cúbica*, Madrid, Editora Nacional, 1976).
- HERRERA, Juan de, *Architectura y machinas*, 1580 (Manuscrito c. 1580. Transcrito por Agustín Ruiz de Arcaute, *Juan de Herrera*, Madrid, Espasa-Calpe, 1936, pp. 36-38).
- HEUVEL, Charles van der, «El problema de la ciudadela: Amberes. La función de los diseños y memorias en la segunda mitad del siglo XVI», en *La città e le mura*, Roma - Bari, Laterza, 1989 (Tr. española de Maria del Carmen Borra, *La ciudad y las murallas*, Madrid, Cátedra, 1991, pp. 169-188).
- HEVIA BALLINA, Agustín, «Noticia introductoria», *De diversis fabricis*, Oviedo, Colegio de Arquitectos Técnicos, 1979.
- HEYDENREICH, Ludwig H., «El Quattrocento», en *Architecture in Italy 1400-1600*, Hardmondsworth, Pelican, 1974 (Tr. esp. de Carlos Laguna y José Casas, *Arquitectura en Italia 1400-1600*, Madrid, Cátedra, 1991).

- HEYMAN, Jacques, «Beauvais Cathedral», *Transactions of the Newcomen Society*, 1967-68 (Tr, española de María Teresa Valcarce Labrador, en *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*, Madrid, CEHOPU, 1995, pp. 113-128).
- HEYMAN, Jacques, «On the rubber vaults of the middle age and other matters», *Gazette des Beaux-Arts*, 1968 (Tr, española de María Teresa Valcarce Labrador, en *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*, Madrid, CEHOPU, 1995, pp. 83-92).
- HEYMAN, Jacques, «The gothic structure», *Interdisciplinary science reviews*, 1977 (Tr, española de María Teresa Valcarce Labrador, en *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*, Madrid, CEHOPU, 1995, pp. 219-237).
- HEYMAN, Jacques, «Calculation of abutment sizes for masonry bridges», *Colloquium on history of structures, International Association for Bridge and Structural Engineering*, 1984, Londres, Institution of Structural Engineers, 1982 (Tr. española de Jorge Conde Conde, en *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*, Madrid, CEHOPU, 1995, pp. 273-278).
- HEYMAN, Jacques, «How to design a cathedral: fragments of the history of structural engineering», *Proceedings of the Institution of Civil Engineering, Civil Engineering*, 1992 (Tr, española de María Teresa Valcarce Labrador, en *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*, Madrid, CEHOPU, 1995, pp. 337-343).
- HEYMAN, Jacques, «The collapse of stone vaulting», *Structural Repair and Maintenance of Historical Buildings*, Southampton-Boston, Computational Mechanics Publications, 1993 (Tr, española de Jorge Conde Conde, en *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*, Madrid, CEHOPU, 1995, pp. 355-363).
- HOAG, John D., *Rodrigo Gil de Hontañón. Gótico y Renacimiento en la arquitectura*, Madrid, Xarait, 1985 (Tr. de Pilar Navascués de una tesis doctoral presentada en la Universidad de Yale en 1958 y revisada por el autor en 1985).
- HOWARD, Deborah, *The Architectural History of Venice*, Londres, B. T. Batsford, 1980 (1ª ed. de bolsillo 1987).
- HOYO Y ALONSO-MARTÍNEZ, Paloma del, «Las ventanas de ángulo del Renacimiento Español», *Goya*, 1976, pp. 228-233.
- HUERTA FERNÁNDEZ, Santiago, *Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España ca. 1500- ca. 1800*, 1990 (Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid).
- HUERTA FERNÁNDEZ, Santiago, «La teoría del arco de fábrica: desarrollo histórico», *OP*, 1996, pp. 18-29.
- HUERTA FERNÁNDEZ, Santiago, y Rafael HERNANDO DE LA CUERDA, «La teoría de bóvedas en el siglo XVIII: la contribución de Philippe de la Hire», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 233-244.
- ICHER, Jacques, *La France des compagnons*, París, La Martinière, 1994.
- ÍNIGUEZ ALMECH, Francisco, «Juan de Herrera, arquitecto, matemático y filósofo», *Revista Nacional de Arquitectura*, 1948, p. 321.
- ÍNIGUEZ ALMECH, Francisco, «Los ingenios de Juan de Herrera», *Revista de Archivos, Bibliotecas y Museos*, 1963, pp. 163-170.
- ÍNIGUEZ ALMECH, Francisco, *Las trazas del Monasterio de El Escorial*, Madrid, Academia de San Fernando, 1965.
- ÍNIGUEZ ALMECH, Francisco, «Noticia del 'De varia commensuración para la escultura y Architectura'», en Juan de Arfe y Villafañe, *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura.*, Valencia, Albatros, 1979.
- JIMÉNEZ MATA, Juan, y Julio MALO DE MOLINA, *Guía de Arquitectura de Cádiz*, Sevilla, Consejería de Obras Públicas, 1995.
- JIMENEZ ZORZO, Francisco Javier, et al., «El Estudio de los signos lapidarios y el Monasterio de Veruela (Ensayo de una metodología de trabajo)», *Seminario de arte aragonés*, 1986, pp. 5-214.
- JUAN LOVERA, Carmen, «Iglesia abacial de Santa María de la Mota de Alcalá la Real. La Pulchra ignota», *Boletín de Bellas Artes. Sevilla*, 1988.
- JUSTI, Carl, *Miscellaneen aus drei Jahrhunderten spanischen Kunstlebens*, Berlín, G. Grote, 1908 (Trad. esp., *Estudios sobre Arte Español*, Madrid, La España Moderna, s. f.).
- KAMEN, Henry, *Philip of Spain*, New Haven, Yale University Press, 1997 (Trad. esp. de Patricia Escandón, *Felipe de España*, Madrid, Siglo XXI, 1997).

- KARVOUNI, Maria, «Il ruolo della matematica nel 'De Re aedificatoria' dell' Alberti», en Joseph Rykwert, ed., *Leon Battista Alberti*, Milán, Electa, 1994, pp. 282-291.
- KOSTOF, Spiro, «El arquitecto en la Edad Media, en Oriente y Occidente», en Spiro Kostof, ed., *The Architect. Chapters in the history of the profession.*, Nueva York, Oxford University Press, 1977 (Tr. española *El arquitecto. Historia de una profesión*, Madrid, Cátedra, 1984).
- KRISTALLER, Paul Oskar, *Rennaissance thought and its sources*, Nueva York, Columbia University Press, 1979 (Tr. esp. de Federico Patán López, *El pensamiento renacentista y sus fuentes*, México, Fondo de Cultura Económica, 1982).
- KRUFT, Hanno Walter, *Geschichte der Architekturtheorie*, Munich, Oscar Beck, 1985 (Trad. esp. de Pablo Diener Ojeda, *Historia de la teoría de la arquitectura*, Madrid, Alianza, 1990).
- KRUFT, Hanno-Walter, y Andres-René LEPIK, «Das Geometrie- und Messbuch von Elias Holl», *Architectura*, 1985, pp. 1-12.
- KUBLER, George Edward, «A late gothic computation of rib vault thrusts», *Gazette des Beaux-Arts*, 1944, pp. 135-148.
- KUBLER, George Edward, «Architecture», en *Art and Architecture in Spain and Portugal (1500-1800)*, Hardmondsworth, Penguin, 1959, pp. 1-123.
- KUBLER, George Edward, «Galeazzo Alessi e l'Escorial», en *Galeazzo Alessi e l'architettura del cinquecento. Atti del Convegno Internazionale di studi.*, Génova, Sagep, 1975, pp. 599-603.
- KUBLER, George Edward, *Building the Escorial*, 1982 (Tr. española de Fernando Villaverde, *La obra del Escorial*, Madrid, Alianza, 1983).
- L'ORME, Philibert de, *Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais*, París, Federic Morel, 1561 (Ed. facsímil, París, Léonce Laget, 1988).
- L'ORME, Philibert de, *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567 (Ed. facsímil, París, Léonce Laget, 1988).
- LA RUE, Jean-Baptiste de, *Traité de la coupe des pierres où par méthode facile et abrégée l'on peut aisément se perfectionner en cette science*, París, Imprimerie Royale, 1728 (Ed. facsímil Nogent-le-Roi 1977).
- LAHUERTA, Juan José, «El 'séptimo diseño' de Juan de Herrera, y la idea del Escorial», *Arquitectura*, 1984, pp. 29-34.
- LALBAT, Claude, Gilbert MARGUERITTE y Jean MARTIN, «De la stéréotomie médiévale: la coupe des pierres chez Villard de Honnecourt», *Bulletin monumental*, 1987.
- LALBAT, Claude, Gilbert MARGUERITTE y Jean MARTIN, «De la stéréotomie médiévale: La coupe des pierres chez Villard de Honnecourt (II)», *Bulletin monumental*, 1989.
- LAMBERINI, Daniela, «Il cantiere delle fortificazioni nelle toscana del Cinquecento», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, París, Picard, 1991, pp. 227-238.
- LAMBERT, Elie, *L'art gothique en Espagne aux XIIe et XIIIe siècles*, París, 1931 (Tr. esp. de Cristina Rodríguez Salmones, *El arte gótico en España en los siglos XII y XIII*, Madrid, Cátedra, 1985).
- LAMPÉREZ Y ROMEA, Vicente, «El castillo de La Calahorra», *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 1914, pp. 1-28.
- LAMPÉREZ Y ROMEA, Vicente, *Arquitectura civil española de los siglos I al XVIII*, Madrid, Saturnino Calleja, 1922 (Reimpresión Madrid, Giner, 1993).
- LÁZARO DAMAS, María Soledad, «El Convento de Santa María Magdalena de la Cruz, de la Guardia. Programa Constructivo», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 1988, pp. 115 -143.
- LE MOËL, Michel, «Jacques Curabelle et le monde des architectes parisiens», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, pp. 389-395.
- LLAGUNO Y AMÍROLA, Eugenio, *Noticia de los arquitectos y arquitectura en España desde su res*, Madrid, Imprenta Real, 1829 (Ed. Madrid, Turner, 1977).
- LONG, Pamela O., «The contribution of architectural writers to a 'scientific' outlook in the fifteenth and sixteenth centuries», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, 1985, pp. 266-298.
- LÓPEZ DE ARENAS, Diego, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco, y tratado de alarifes*, Sevilla, Luis Estupiñán, 1633. (Ed. María Angeles Toajas Roger, Madrid, Visor, 1997).
- LÓPEZ FERREIRO, Antonio, *Historia de la Santa A. M. Iglesia de Santiago de Compostela*, (Ed. facsímil Santiago 1983).

- LÓPEZ GARCÍA, Juan Sebastián, *La arquitectura del Renacimiento en el archipiélago canario*, La Laguna, Instituto de Estudios Canarios, 1983.
- LÓPEZ GUZMÁN, Rafael, «Arquitectura civil de Francisco del Castillo en Martos», *Cuadernos de Arte*, 1984, pp. 173-181.
- LÓPEZ GUZMÁN, Rafael, «Francisco del Castillo y la arquitectura: reflexiones sobre el manierismo en Andalucía Oriental», *Periferia*, 1987, pp. 104-111.
- LÓPEZ GUZMÁN, Rafael, *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*, Granada, Diputación, 1987.
- LÓPEZ GUZMÁN, Rafael, «El lenguaje arquitectónico en el Renacimiento andaluz», en *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, Sevilla, Consejería de Cultura, 1992, pp. 119-150.
- LÓPEZ SERRANO, Matilde, *Trazas de Juan de Herrera y sus seguidores para el Monasterio del Escorial*, Madrid, Patrimonio Nacional, 1944.
- LORENTE JUNQUERA, Manuel, «Sobre la cúpula del Escorial y sus precedentes italianos», *Archivo Español de Arte*, 1941, pp. 377-383.
- LOTZ, Wolfgang, «Das Raumbild in der architekturzeichnung der italienischen Renaissance», en *Mitteilungen des Kunsthistorisches Instituts in Florenz*, 1956, pp. 193-226 (Ahora en *Studies on Italian Renaissance Architecture*, Cambridge, Mass., MIT, 1977. Tr. esp. de Jorge Sainz Avia, *La Arquitectura del Renacimiento en Italia*, Madrid, Blume, 1985, pp. 1-64).
- LOTZ, Wolfgang, «Osservazioni intorno ai disegni palladiani», *Bulletino del Centro Internazionale di Studi di Architettura 'Andrea Palladio'*, 1962, pp. 61-68 (Ahora en *Studies on Italian Renaissance Architecture*, Cambridge, Mass., MIT, 1977. Tr. esp. de Jorge Sainz Avia, *La Arquitectura del Renacimiento en Italia*, Madrid, Blume, 1985, pp. 181-187).
- LOTZ, Wolfgang, «El Cinquecento», *Architecture in Italy 1400-1600*, Hardmondsworth, Pelican, 1974 (Tr. esp. de Carlos Laguna y José Casas, *Arquitectura en Italia 1400-1600*, Madrid, Cátedra, 1991).
- LUCENA, Martí, et al., *Palma. Guía de arquitectura*, Palma de Mallorca, Colegio de Arquitectos, 1997.
- MACDONALD, William L., «Los arquitectos romanos», en Spiro Kostof, ed., *The Architect. Chapters in the history of the profession*, Nueva York, Oxford University Press, 1977 (Tr. española, *El arquitecto. Historia de una profesión*, Madrid, Cátedra, 1984).
- MADOZ, Pascual, *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España*, Madrid, 1846.
- MAGAÑA BISBAL, Luis, «Alonso de Covarrubias y la Iglesia Mayor de Baza», *Archivo Español de Arte*, 1954, pp. 35-45.
- MAGGI, Girolamo, y Jacopo CASTRIOTO, *Della fortificatione delle città ... Libri III*, Venecia, Rutilio Borgominiero, 1564.
- MALTESE, Corrado, «Elissi ed ellissografi. 'Querelles' semi-scientifiche e applicazioni pratiche negli anni di Desargues», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, pp. 101-110.
- MARANI, Pietro C., «Leonardo e Leon Battista Alberti», en Joseph Rykwert, ed., *Leon Battista Alberti*, Milán, Electa, 1994, pp. 358-365.
- MARAVALL, José Antonio, *Antiguos y modernos. La idea del progreso en el desarrollo de una sociedad*, Madrid, 1966 (2ª ed. Madrid, Alianza, 1986).
- MARCO DORTA, Enrique, *Arte en América y Filipinas*, Madrid, Plus-Ultra, 1958.
- MARÍAS, Fernando, «Reseña del 'Tratado de Arquitectura de Alonso de Vandelvira'», *Archivo Español de Arte*, 1978, pp. 187.
- MARÍAS, Fernando, «El problema del arquitecto en la España del siglo XVI», *Academia*, 1979, pp. 173-216.
- MARÍAS, Fernando, «Juan Bautista de Monegro, su biblioteca y la 'Divina proporcione' de Luca Paccioli», *Academia*, 1981, pp. 91-113.
- MARÍAS, Fernando, y Agustín BUSTAMANTE, «Un tratado inédito de arquitectura de hacia 1500», *Boletín del Museo e Instituto Camón Aznar*, 1983, pp. 41-57.
- MARÍAS, Fernando, «Orden y modo en la arquitectura española», en Erik Forssman, *Dórico, Jónico, Corintio, en la arquitectura del Renacimiento*, Madrid, Xarait, 1983.
- MARÍAS, Fernando, *La arquitectura del Renacimiento en Toledo (1541-1631)*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1983-86.
- MARÍAS, Fernando, «A propósito del manierismo y el arte español del siglo XVI», en John Shearman, *Manierismo*, Madrid, Xarait, 1984, pp. 7-47.

- MARIAS, Fernando, «La Escalera Imperial en España», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance. Actes du colloque tenu à Tours du 22 au 26 mai 1979*, París, Picard, 1985, pp. 165-170.
- MARIAS, Fernando, y Agustín Bustamante, «Apuntes arquitectónicos madrileños de hacia 1660», *Archivo Español de Arte*, 1985, pp. 34-43.
- MARIAS, Fernando, y Agustín Bustamante, «Las 'Medidas' de Diego de Sagredo», en Diego de Sagredo, *Medidas del Romano*, Madrid, Consejo de Colegios de Arquitectos Técnicos, 1986, pp. 3-139.
- MARIAS, Fernando, «Reseña de 'Cerramientos y trazas de montea'», *Archivo Español de Arte*, 1988, pp. 329-330.
- MARIAS, Fernando, *El largo siglo XVI*, Madrid, Taurus, 1989.
- MARIAS, Fernando, «Sobre el Castillo de la Calahorra y el Codex Escorialensis», *Anuario del Departamento de Teoría e Historia del Arte de la Universidad Autónoma de Madrid*, 1990, pp. 117-129.
- MARIAS, Fernando, «Piedra y ladrillo en la arquitectura española del siglo XVI», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, París, Picard, 1991, pp. 71-84.
- MARIAS, Fernando, «La arquitectura del clasicismo en Galicia», en *Galicia no tempo. Conferencias / otros estudios. Nuevas visiones en torno a la temática de Galicia no tempo*, Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, 1991, pp. 173 -182.
- MARIAS, Fernando, «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, París, Picard, 1991, pp. 247-262.
- MARIAS, Fernando, «Materiales y técnicas: viejos fundamentos para las categorías arquitectónicas del Quinientos», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, pp. 263-269.
- MARIAS, Fernando, «Trazas, trazas, trazas. Tipos y funciones del diseño arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 351-360.
- MARIAS, Fernando, *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*, Madrid, Sílex, 1992.
- MARIAS, Fernando, «La iglesia del Escorial: de templo a basílica», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, Madrid, Fundación Argentaria, 1998, pp. 29-54.
- MARIÁTEGUI, Eduardo, *El Capitán Cristóbal de Rojas, ingeniero militar del siglo XVI*, Madrid, Memorial de Ingenieros, 1880 (Ed. Madrid, CEHOPU, 1985).
- MARK, Robert, «Robert Willis, Viollet-Le-Duc and the Structural Approach to Gothic Architecture», *Architectura*, 1977, pp. 52-64.
- MARK, Robert, «Conclusion. Artisans, architects and the scientific revolution», en *Architectural Technology up to the Scientific Revolution*, Cambridge, Mass., The MIT Press, 1993, pp. 232-235.
- MARK, Robert, «Introduction», en *Architectural Technology up to the Scientific Revolution*, Cambridge, Mass., The MIT Press, 1993, pp. 2-14.
- MARTÍN GÓMEZ, Pedro, «La evolución y los sistemas en la obra del Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, pp. 83-96.
- MARTÍN GONZALEZ, Juan José, «El panteón de San Lorenzo del Escorial», *Archivo Español de Arte*, 1959, pp. 199-214.
- MARTÍN GONZALEZ, Juan José, «El Alcázar de Madrid en el siglo XVI», *Archivo Español de Arte*, 1962, pp. 1-19.
- MARTÍN GONZALEZ, Juan José, «Formas de representación en la arquitectura clasicista española del siglo XVI», en *Herrera y el clasicismo*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1986, pp. 21-32.
- MARTÍN GONZALEZ, Juan José, «Felipe II planifica el diseño arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 331-340.
- MARTÍN GONZÁLEZ, Juan José, «Noticia del Arte y Uso de Architectura», en Fray Laurencio de San Nicolás, *Arte y uso de arquitectura*, Valencia, Albatros, 1989, pp. 11-29.
- MARTÍN, Fèlix, *Els picapedrers i la indústria de la pedra a la Floresta*, Barcelona, Fundació Salvador Vives Casajuana, 1981.
- MARTÍNEZ MAZAS, José, *Retrato al natural de la ciudad de Jaén*, Jaén, 1794.
- MECKSPECKER, Cord, «Über die Fünfeckkonstruktion bei Villard de Honnecourt und im späten Mittelalter», *Architectura*, 1983, pp. 31-40.

- MEEK, Harold Alan, *Guarino Guarini*, Milán, Electa, 1991.
- MIGNOT, Claude, «L'escalier dans l'architecture française: 1550-1640», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance. Actes du colloque tenu à Tours du 22 au 26 mai 1979*, París, Picard, 1985, pp. 49-66.
- MIRÓ [DOMÍNGUEZ], Aurora, *Ronda. Arquitectura y Urbanismo*, Ronda, Caja de Ahorros, 1987.
- MIRÓ DOMÍNGUEZ, Aurora, «El léxico de la construcción en un tratado de cantería del siglo XVI», en *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, Madrid, Universidad Complutense, 1994, pp. 647-663.
- MOLEÓN GAVILANES, Pedro, «El otro centro del laberinto. Consideraciones sobre el sotocoro del monasterio de El Escorial», *Arquitectura*, 1984, pp. 35-38.
- MONGE, Gaspard, *Géométrie Descriptive*, París, Baudouin, 1799 (Ed. facsimilar de la trad. esp. de 1803, *Geometría Descriptiva*, Madrid. Colegio de Ingenieros de Caminos, 1996).
- MORALEJO ALVAREZ, Serafin, «Notas para unha revisión da obra de K. J. Conant», en Kenneth John Conant, *The early architectural history of the Cathedral of Santiago de Compostela*, Santiago de Compostela, Colegio de Arquitectos, 1983.
- MORALES, Alfredo J., «Alonso de Vandelvira y Juan de Oviedo en la iglesia de la Merced de Sanlúcar de Barrameda», *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología*, 1981, pp. 308-317.
- MORALES, Alfredo J., «Modelos de Serlio en el arte sevillano», en *Archivo Hispalense*, 1982, pp. 149-168.
- MORALES, Alfredo J., «Tradición y modernidad», en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, México-Buenos Aires, Cátedra, 1989, pp. 97-249.
- MORALES, Alfredo J., «El Ayuntamiento de Sevilla: maestros canteros, entalladores e imagineros», en *Laboratorio de Arte*, 1991, pp. 61-82.
- MORALES, Alfredo J., «La otra arquitectura», en *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, Sevilla, Consejería de Cultura, 1992, pp. 181-212.
- MORALES, Alfredo J., «Italia, los italianos y la introducción del Renacimiento en Andalucía», en *Reyes y mecenas*, Madrid, Ministerio de Cultura, 1992, pp. 177-197.
- MORALES, Alfredo J., «El proyecto arquitectónico en la Sevilla del Renacimiento. Elementos y condicionantes», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 341-350.
- MORALES, Alfredo J., «Hernán Ruiz el joven y la torre de Santa María de la Mota de Marchena», *Laboratorio de Arte*, 1995, pp. 359-370.
- MORALES, Alfredo J., *Hernán Ruiz «El Joven»*, Madrid, Akal, 1996.
- MORALES, Alfredo J., «La simultaneidad de lenguajes en la arquitectura americana», en *Felipe II y el arte de su tiempo*, Madrid, Fundación Argentaria, 1998, pp. 259-274.
- MORENO, Arsenio, *Los Castillo, un siglo de arquitectura en el Renacimiento andaluz*, Granada, Universidad de Granada, 1989.
- MORENO, Arsenio, *Úbeda Renacentista*, Madrid, Electa, 1993.
- MORRESI, Manuela, «Philibert de L'Orme. Le patrie de la lingua», en Anthony Blunt, *Philibert de L'Orme*, Milán, Electa, 1997.
- MORRIS, William, *News from Nowhere*, 1890 (Tr. española, *Noticias de ninguna parte*, Zero, Algorta, 1972).
- MOYA BLANCO, Luis, «Arquitecturas cupuliformes: el arco, la bóveda y la cúpula», en *Curso de mecánica y tecnología de los edificios antiguos*, Madrid, Colegio de Arquitectos, 1987.
- MÜLLER, Werner, «The authenticity of Guarini's Stereotomy in his Architettura Civile», en *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1968, pp. 202-208.
- MÜLLER, Werner, «Le dessin technique a l'époque gothique», en Roland Recht, ed., *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, Estrasburgo, Editions Les Musées de la Ville de Strasbourg, 1989, pp. 237-254.
- MURRAY, Peter, *Architettura del Rinascimento*, Milán, 1971 (Tr. española de Juan Novella Domingo, *Arquitectura del Renacimiento*, Madrid, Aguilar, 1972).
- MUSSAT, André, «La rivière et la carrière: l'exemple du Pays de Loire», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus à Tours en 1983-1984*, París, Picard, 1991, pp. 11-26.
- NAPOLITANI, Pier Daniele, «La géométrisation des qualités physiques au XVIème siècle: les modèles de la théorie des proportions», en Patricia Radelet-de Grave y Edoardo Benvenuto, ed., *Entre mécanique et architecture*, Basel - Boston - Berlin, Birkhäuser Verlag, 1995, pp. 68-86.

- NAREDI-RAINER, Paul, «La bellezza numerabile: l'estetica architettonica di Leon Battista Alberti», en Joseph Rykwert, ed., *Leon Battista Alberti*, Milán, Electa, 1994, pp. 292-299.
- NAVAREÑO MATEOS, Antonio, y Francisco M. SÁNCHEZ LOMBA, *Aportaciones a la historia de la arquitectura en Extremadura. Repertorio de artistas y léxico de alarifes*, Cáceres, Universidad de Extremadura, 1988.
- NAVAREÑO MATEOS, Antonio, y Francisco M. SÁNCHEZ LOMBA, «Terminología técnico-artística en los maestros canteros del Renacimiento extremeño», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 143-146.
- NAVAREÑO MATEOS, Antonio, *Arquitectura y arquitectos del siglo XVI en Extremadura : proyectos de obras de la Orden de Alcántara*, Universidad de Extremadura - Colegio de Arquitectos de Extremadura, 1994.
- NAVARRO DE ZUVILLAGA, Javier, «L'influence des traités de Desargues dans les traités espagnols», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, pp. 313-328.
- NAVARRO ESTEVE, Pablo, «Notas sobre fotogrametría arquitectónica. Levantamiento de la capilla de los Reyes en el convento de Santo Domingo», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1993, pp. 76-78.
- NAVARRO GARCÍA, Rafael, et. al., *Catálogo monumental de la provincia de Palencia*, Palencia, Imprenta provincial, 1946.
- NAVASCUÉS PALACIO, Pedro, «Puentes de acceso a El Escorial», *Archivo Español de Arte*, pp. 97-107.
- NAVASCUÉS PALACIO, Pedro, «El manuscrito de arquitectura de Hernán Ruiz el joven», *Archivo Español de Arte*, 1971, pp. 295-321.
- NAVASCUÉS PALACIO, Pedro, «Rodrigo Gil y los entalladores de la fachada de la Universidad de Alcalá», *Archivo Español de Arte*, 1972.
- NAVASCUÉS PALACIO, Pedro, «Estudio», en *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, Madrid, Escuela de Arquitectura, 1974.
- NAVASCUÉS PALACIO, Pedro, «Estudio crítico», en Benito Bails, *De la arquitectura civil*, Murcia, Colegio de Aparejadores, 1983.
- NAVASCUÉS PALACIO, Pedro, «La obra como espectáculo: el dibujo de Hatfield», en *Monasterio de El Escorial. Las casas reales (El palacio)*, Madrid, Patrimonio Nacional, 1986, pp. 55-67.
- NICOT, Jean, *Thresor de la langue française*, París, David Douceur, 1606 (Disponible en <http://humanities.uchicago.edu/forms_unrest/TLF.html>. Consultado el 21 de Febrero de 1999).
- NIETO ALCAIDE, Víctor y Fernando CHECA CREMADES, *El Renacimiento. Formación y crisis del modelo clásico*, Madrid, Istmo, 1980.
- NIETO ALCAIDE, Víctor, «Renovación e indefinición estilística, 1428-1526», en *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, Madrid, Cátedra, 1989, pp. 13-96.
- NIETO ALCAIDE, Víctor, «Modelo y artilugio. Dello Delli y los inicios de la arquitectura del Renacimiento», *Anales de Arquitectura*, 1993, pp. 17-27.
- NORBERG-SCHULZ, Christian, *Architettura tardobarocca*, Milán, Electa, 1971 (Tr. esp. de Luis Escolar Bareño, *Arquitectura barroca tardía y rococó*, Madrid, Aguilar, 1973).
- OECHSLIN, Werner, «Bemerkungen zu Guarino Guarini und Juan Caramuel de Lobkowitz», *Raggi* 8, 1968, pp. 91-109 (Tr. española, «Anotaciones a Guarino Guarini y Juan Caramuel de Lobkowitz», *Anales de Arquitectura*, 2, 1990, pp. 76-89).
- ORTEGA ROMERO, María del Socorro, «Arquitectura de la primera mitad del siglo XVII», *Historia del Arte Gallego*, 1982.
- ORTEGA VIDAL, Javier, «Hacia un catálogo razonable de la arquitectura de Juan de Herrera. Un criterio topográfico», en *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunwerk, 1997, pp. 47-123.
- ORTEGA Y SAGRISTA, Rafael, «Alonso Barba, maestro mayor de las obras de la Catedral de Jaén», *Paisaje*, 1951, pp. 121-124.
- ORTEGA Y SAGRISTA, Rafael, «La familia de Andrés de Vandaelvira», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 1955, pp. 9-24.
- OSTEN SACKEN, Cornelia von der, *San Lorenzo el Real del Escorial. Studien zur Baugeschichte und Ikonologie*, Mäander Kunstverlag, 1979 (Tr. esp. de Maria Dolores Ábalos, *El Escorial. Estudio Iconológico*, Madrid, Xarait Ediciones, 1984).

- PACIOLI, Fra Luca, *De divina proportione*, Venecia, 1509 (Tr. esp. de Juan A. Calatrava, *La Divina proporción*, Madrid, Akal, 1991).
- PAGLIARA, Pier Nicola, «Raffaello e la rinascita delle technique antiche», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, París, Picard, 1991, pp. 51-70.
- PALACIOS, José Carlos, «La estereotomía en el Renacimiento. El Escorial», en *Fábricas y orden constructivo (La Construcción) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Comunidad de Madrid, 1986, pp. 97-107.
- PALACIOS, José Carlos, «La estereotomía de la esfera», *Arquitectura*, 1987, pp. 54-65.
- PALACIOS, José Carlos, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1990.
- PALLADIO, Andrea, *I quatri Libri d' Architettura*, Venecia, Domenico de Francesci, 1570 (Ed. facs., Milán, 1968. Tr. española de Luisa de Aliprandini y Alicia Martínez Crespo, *Los cuatro libros de Arquitectura*, Madrid, Akal, 1988).
- PALOMERO PÁRAMO, Jesús María, «Hernán Ruiz II y las portadas de la casa profesa jesuita de Sevilla», *Boletín del Seminario de Arte y Arqueología*, 1982, pp. 374-377.
- PANE, Roberto, «Gli scambi con la Spagna: scultori e architetti», en *Firenze e la Toscana dei Medici nell'Europa del Cinquecento. Il potere e lo spazio. La scena del Principe.*, Florencia, Edizione Medicee, 1980, pp. 105-116.
- PANIAGUA SOTO, Jose Ramón, «El léxico español de arquitectura en el siglo XVI (I): la terminología vitruviana en la traducción del tratado de arquitectura de Sebastiano Serlio por Francisco de Villalpando», en *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, Madrid, Universidad Complutense, 1994, pp. 611-628.
- PANOFKY, Erwin, «Die Perspektive als 'Symbolische Form'», en *Vorträge der Bibliothek Warburg 1924-25*, Berlín, Teubner, 1927 (Tr. española de Virginia Careaga, *La perspectiva como forma simbólica*, Barcelona, Tusquets, 1973).
- PANOFKY, Erwin, «Das erste Blatt aus dem 'Libro' Giorgio Vasaris; eine Studie über der Beurteilung der Gotik in der italienischen Renaissance mit einem Exkurs über zwei Fassaden-projekte Domenico Beccafumis», *Städel-Jahrbuch*, 1930, pp. 25-72 (Tr. esp. de Nicanor Ancochea, «La primera página del libro de Giorgio Vasari», en *El significado en las artes visuales*, Madrid, Alianza Forma, 1979, p. 195-263).
- PANOFKY, Erwin, «Introducción», en *Abbot Suger on the abbey church of Saint Denis and its art treasures*, Princeton, Princeton University Press, 1946, pp. 1-37 (Tr. española de Nicanor Ancochea en *El significado en las artes visuales*, Madrid, Alianza, 1979, pp. 131-170).
- PANOFKY, Erwin, *Gothic Architecture and Scholasticism*, Meridian Books, 1957 (1º ed. esp., Buenos Aires 1959; 2º ed. esp., tr. de Julia Varela y Fernando Álvarez Uría, *Arquitectura Gótica y pensamiento escolástico*, Madrid, Las ediciones de La Piqueta, 1986).
- PANOFKY, Erwin, *Renaissance and Renascences in Western Art*, Estocolmo, Almqvist, 1960 (Tr. española de Maria Luisa Balseiro, *Renacimiento y renacimientos en el arte occidental*, Madrid, Alianza, 1975, 338 pg).
- PASCUALE, Salvatore di, «Scienza e tecnica del costruire», en *Firenze e la Toscana dei Medici nell'Europa del Cinquecento. Il potere e lo spazio. La scena del Principe*, Florencia, Edizione Medicee, 1980, pp. 75-84.
- PASCUALE, Salvatore di, «On the Art of Building before Galilei», en Patricia Radelet-de Grave y Edoardo Benvenuto, ed., *Entre mécanique et architecture*, Basel - Boston - Berlin, Birkhäuser Verlag, 1995, pp. 102-121.
- PÉREZ COSTANTI, Pablo, *Diccionario de artistas que florecieron en Galicia durante los siglos XVI y XVII*, Santiago de Compostela, Seminario Central, 1930.
- PÉREZ DE MOYA, Juan, *Obra intitulada fragmentos matemáticos. En que se tratan cosas de Geometría y astronomía y geographia y Philosophia natural y sphaera y astrolabio y navegación y relojes*, Salamanca, Juan de Cánova, 1568.
- PÉREZ DE MOYA, Juan, *Tratado de matemática en que se contienen cosas de Arithmética, Geometría, Cosmographia y Philosophia natural*, Alcalá de Henares, Juan Gracián, 1573.

- PÉREZ ESCOLANO, Víctor, «Territorio y ciudad», en *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, Sevilla, Consejería de Cultura, 1992, pp. 23-52.
- PÉREZ MARTÍN, José Luis Javier, Guillermo DE IGNACIO VICENS y Maria Aurora FLÓREZ DE LA COLINA, «Maquinaria y medios auxiliares para la construcción durante la Edad Media: análisis de la iconografía», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 387-390.
- PÉREZ SÁNCHEZ, Alfonso Emilio, «Arte», en *Tierras de España. Murcia*, Madrid, Noguer-March, 1976, pp. 123-339.
- PÉREZ SÁNCHEZ, Alfonso Emilio, «Arte», en *Tierras de España. Valencia*, Madrid, Noguer-March, 1985, pp. 152-393.
- PEROUSE DE MONTCLOS, Jean-Marie, «Le sixième ordre d'architecture ou la pratique des ordres suivant les nations», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1977, pp. 223-240.
- PEROUSE DE MONTCLOS, Jean-Marie, *L'Architecture a la française*, París, Picard, 1982.
- PEROUSE DE MONTCLOS, Jean-Marie, «Alonso de Vandelvira», en Dora Wiebenson, ed., *Architectural Theory and Practice from Alberti to Ledoux*, Chicago, University of Chicago, 1982 (Catálogo de exposición en la Sterling Memorial Library de New Haven. Ed. esp. a cargo de Juan Antonio Ramírez, con trad. de Pilar Vázquez Álvarez, *Los tratados de Arquitectura*, Madrid, Blume, 1988).
- PEROUSE DE MONTCLOS, Jean-Marie, «La vis de Saint-Gilles et l'escalier suspendu dans l'architecture française du XVIe. siècle», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance. Actes du colloque tenu à Tours du 22 au 26 mai 1979*, París, Picard, 1985, pp. 83-92.
- PEROUSE DE MONTCLOS, Jean-Marie, «Présentation des traités», en Philibert de L'Orme, *Traité d'architecture*, París, Leonce Laget, 1988.
- PEROUSE DE MONTCLOS, Jean-Marie, *Histoire de l'Architecture française. De la Renaissance à la Révolution*, París, Mengès-CNMHS, 1989.
- PEROUSE DE MONTCLOS, Jean-Marie, «La charpente à la Philibert de l'Orme. Réflexions sur la fortune des techniques en architecture», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus à Tours en 1983-1984*, París, Picard, 1991, pp. 27-50.
- PEVSNER, Nikolaus, «The term 'architect' in the Middle Ages», *Speculum*, 1942, pp. 549-562.
- PEVSNER, Nikolaus, *Outline of European Architecture*, 1943 (Tr. esp. de René Taylor, *Esquema de la Arquitectura Europea*, Buenos Aires, Infinito, 1957, 5ª ed. 1988).
- PEVSNER, Nikolaus, «The three-dimensional arch from the sixteenth to the eighteenth century», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1958, pp. 22-24.
- PEVSNER, Nikolaus, *Ruskin and Viollet-Le-Duc. Englishness and Frenchness in the appreciation of gothic architecture*, Londres, Thames and Hudson, 1969.
- PINTO, Francisco, y Alfonso JIMÉNEZ, «Monteas en la Catedral de Sevilla», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1993, pp. 79-84.
- PITA ANDRADE, José Manuel, «El coro pétreo de maestro Mateo en la Catedral de Santiago», en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, 1976, pp. 449-451.
- PITTONI, Battista, *Imprese di diversi Principi, duchi, signori, e d'altri personaggi et huomini illustri. Libro secondo*, Venecia, 1566 (Con estrofas y sonetos de Lodovico Dolce).
- PONZ, Antonio, *Viage de España, en que se da noticia de las cosas más apreciables y dignas de saberse que hay en ella...*, Madrid, Joaquín de Ibarra, 1772 (1772-1794. Ed. Madrid, Aguilar, 1978).
- PORQUERAS MAYO, A[lberto], *El prólogo en el renacimiento español*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1957.
- PORTOR Y CASTRO, Juan de, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, pp. 101 (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms 9114).
- POTIE, Philippe, *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*, París, Parenthèses, 1996.
- PUENTE MÍGUEZ, J. A., «La fachada exterior del Pórtico de la Gloria y el problema de sus accesos», en *Actas / Simposio Internacional sobre 'O Pórtico da Gloria e a Arte do seu Tempo' Santiago de Compostela, 3-8 de Outubro de 1988*, Santiago de Compostela, Dirección Xeral de Cultura, 1991, pp. 117-143.
- PUPPI, Lionello, *Andrea Palladio*, Milán, Electa, 1973.

- R[EJÓN] D[E] S[ILVA], D[iego] A[ntonio], *Diccionario de las Nobles Artes para Instrucción de los aficionados ...*, Segovia, Antonio Espinosa, 1788 (Ed. Murcia, Consejería de Cultura y Educación 1985; ed. facsímil, Trigo, 1996).
- RABASA DÍAZ, Enrique, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, pp. 145-153.
- RABASA DÍAZ, Enrique, «Arcos esviados y puentes oblicuos. El pretexto de la estereotomía en el siglo XIX», *OP*, 1996, pp. 18-29.
- RABASA DÍAZ, Enrique, «Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 423-433.
- RABASA DÍAZ, Enrique, *La traza en el acuerdo entre forma y construcción. El dibujo y las estrategias del abovedamiento en piedra, con especial atención al siglo XVI*, 1997 (Memoria inédita de la oposición a la cátedra de Geometría Descriptiva de la Escuela de Arquitectura de Madrid).
- RABASA DÍAZ, Enrique, «La bóveda plana de Abeille en Lugo», en *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1998, pp. 409-415.
- RAGAZZO, Felice, «I modelli lignei delle opere di Leon Battista Alberti alla mostra di Palazzo Te», en *Leon Battista Alberti*, Milán, Electa, 1994, pp. 408-412.
- RAMÍREZ DE ARELLANO, R., «Artistas exhumados», *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 1903, pp. 135-140.
- RAMÍREZ, Juan Antonio, *Edificios y sueños (ensayos sobre arquitectura y utopía)*, Málaga, Universidad, 1983 (2ª ed. Madrid, Nerea, 1991).
- RAMÍREZ, Juan Antonio, *Construcciones ilusorias. Arquitecturas descritas, arquitecturas pintadas*, Madrid, Alianza, 1983.
- RAMÍREZ, Juan Antonio, «Caramuel: probabilista, ecléctico y 'deconstructor'», en *Dios Arquitecto*, Madrid, Siruela, 1991 (Volumen de ensayos acompañando a *El templo de Salomón según Prado y Villalpando*. Reimpresión como libro independiente, 1994).
- RAMÍREZ, Juan Antonio, «Del valor del templo al coste del libro (Las finanzas de Salomón, el mecenazgo de Felipe II y J. B. Villalpando)», en *Dios Arquitecto*, Madrid, Siruela, 1991 (Volumen de ensayos acompañando a *El templo de Salomón según Prado y Villalpando*. Reimpresión como libro independiente, 1994).
- RAMOS, Antonio, *Sobre la gravitación de los arcos contra sus estribos*, (Edición y estudio de Rosario Camacho con prólogo de Antonio Bonet Correa, *El manuscrito sobre la gravitación de los arcos contra sus estribos del arquitecto Antonio Ramos*, Málaga-Madrid, Colegio de Arquitectos-Academia de San Fernando, 1992).
- RAY, Stefano, *Raffaello architetto*, Bari, Laterza, 1974.
- RECHT, Roland, «Les 'traités pratiques' d'architecture gothique», en Roland Recht, ed., *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, Estrasburgo, Editions Les Musées de la Ville de Strasbourg, 1989, pp. 279-285.
- RECHT, Roland, *Le dessin d'architecture*, París, Adam Biro, 1995.
- REY PASTOR, J., *Los matemáticos españoles del siglo XVI*, Madrid, Biblioteca Scientia, 1926.
- RHODES, Robin F., «Rope channels and stone quarrying in the early Corinthia», *American journal of archaeology*, 1987, pp. 545-551.
- RIVERA BLANCO, Javier, «Nuevos datos documentales de Teodoro Ardemans, José de Churriguera y otros arquitectos barrocos cortesanos», *Boletín del Seminario de Arte y Arqueología*, 1982, pp. 444-452.
- RIVERA BLANCO, Javier, «La elección del arquitecto, una cuestión de estilo», en *Ideas y diseños (La Arquitectura) IV Centenario del Monasterio del Escorial*, Madrid, Dirección General de Arquitectura, 1986, pp. 47-65.
- RIVERA BLANCO, Javier, «Introducción», en Andrea Palladio, *Los cuatro libros de Arquitectura*, Madrid, Akal, 1988.
- ROBERTSON, D. S., *Handbook of Greek and Roman Architecture*, Cambridge, Cambridge University Press, 1929 (Tr. española de R. Fontán Barreiro y L. Abad Casal, *Arquitectura griega y romana*, Madrid, Cátedra, 1985).
- ROBISON, Elwin C., «Optics and Mathematics in the Domed Churches of Guarino Guarini», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1991, pp. 384-401.

- RODRÍGUEZ CULEBRAS, Ramón, «Morella. Iglesia de Santa María», *Catálogo de Monumentos y Conjuntos de la Comunidad Valenciana*, Valencia, Conselleria de Cultura, Educación y Ciencia, 1983.
- RODRIGUEZ GUTIERREZ DE CEBALLOS, Alfonso, «La arquitectura del Manierismo», *Revista de ideas estéticas*, 1962, pp. 3-29.
- RODRIGUEZ GUTIERREZ DE CEBALLOS, Alfonso, «Entre el manierismo y el Barroco. Iglesias españolas de planta ovalada», *Goya*, 1983, pp. 98-107.
- RODRIGUEZ GUTIERREZ DE CEBALLOS, Alfonso, «Nuevos documentos sobre José de Churriguera (1665-1700)», *Archivo Español de Arte*, 1985, pp. 10-16.
- RODRIGUEZ GUTIERREZ DE CEBALLOS, Alfonso, «La librería del arquitecto Juan del Ribero Rada», en *Academia*, 1986, pp. 121-144.
- RODRIGUEZ GUTIERREZ DE CEBALLOS, Alfonso, «La planta elíptica: de El Escorial al Clasicismo español», *Anuario del Departamento de Teoría e Historia del Arte de la Universidad Autónoma de Madrid*, 1990, pp. 151-172.
- RODRÍGUEZ, Delfín, «Tradición e innovación en la arquitectura de Vicente Acero», *Anales de Arquitectura*, 1992.
- ROJAS, Cristóbal de, *Teórica y práctica de fortificación, conforme a las medidas de estos tiempos ...*, Madrid, Luis Sánchez, 1598 (Ed. facsímil en *Tres tratados sobre fortificación y milicia*, Madrid, CEHOPU, 1985).
- ROJAS, Cristóbal de, *Sumario de la milicia antigua y moderna*, 1607 (Ed. en *Tres tratados sobre fortificación y milicia*, Madrid, 1985, CEHOPU).
- ROJAS, Cristóbal de, *Compendio y breve resolución de fortificación*, Madrid, Juan de Herrera, 1613 (Ed. facsímil en *Tres tratados sobre fortificación y milicia*, Madrid, 1985, CEHOPU).
- ROKISKI LÁZARO, María Luz, «La cabecera de la iglesia de Priego (Cuenca). Dibujos y tasación», *Cuenca*, 1980, pp. 27-34.
- RORICZER, Mathes, *Wimpergbüchlein*, (Ed. Lon R. Shelby, *Gothic Design Techniques*, Carbondale, Southern Illinois University Press, 1977).
- RORICZER, Mathes, *Geometria deutsch*, (Ed. Lon R. Shelby, *Gothic Design Techniques*, Carbondale, Southern Illinois University Press, 1977).
- RORICZER, Mathes, *Büchlein von der fialen Gerechtigkeit*, 1486 (Ed. Lon R. Shelby, *Gothic Design Techniques*, Carbondale, Southern Illinois University Press, 1977).
- ROSENDE VALDÉS, Andrés A., «El Renacimiento. Arquitectura», *Historia del Arte Gallego*, 1982.
- ROSENFELD, Myra Nan, «La real Administración de Edificios de Francia, de Carlos V a Luis XIV», en Spiro Kostof, ed., *The Architect. Chapters in the history of the profession.*, Nueva York, Oxford University Press, 1977 (Tr. española, *El arquitecto. Historia de una profesión*, Madrid, Cátedra, 1984).
- ROSENTHAL, Earl E., «The image of Roman Architecture in Renaissance Spain», *Gazette des Beaux-Arts*, 1958, pp. 329-346.
- ROSENTHAL, Earl E., *The Cathedral of Granada. A Study in the Spanish Renaissance*, Princeton, Princeton University Press, 1961 (Tr. española de Juan Santana Lario, *La Catedral de Granada*, Granada, Universidad, 324 pp).
- ROSENTHAL, Earl E., *Diego Siloé Arquitecto de la Catedral de Granada*, Granada, Universidad de Granada, 1966.
- ROSENTHAL, Earl E., *The Palace of Charles V in Granada*, Princeton, Princeton University Press, 1985 (Tr. española de Pilar Vázquez Álvarez, *El Palacio de Carlos V en Granada*, Madrid, Alianza Forma, 1988, 331 pp).
- ROSSO DEL BRENNA, Giovanna, «Il ruolo de G. B. Castello il Bergamasco», en *Galeazzo Alessi e l'architettura del cinquecento. Atti del Convegno Internazionale di studi.*, Génova, Sagep, 1975, pp. 619-624.
- ROVIRA Y RABASSA, Antoni, *Estereotomía de la Piedra*, Barcelona, Provincial de la Caridad, 1897.
- RUIZ CABRERA, José Policarpo, «Una obra desconocida de Andrés de Vandelvira y Francisco del Castillo: el puente Mazuecos de Baeza», *Archivo Español de Arte*, 1995, pp. 381-390.
- RUIZ DE ARCAUTE, Agustín, *Juan de Herrera*, Madrid, Espasa Calpe, 1936 (Ed. Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1997).

- RUIZ DE LA ROSA, José Antonio, *Traza y simetría de la arquitectura en la Antigüedad y el Medievo*, Sevilla, Universidad de Sevilla, 1987.
- RUIZ DE LA ROSA, José Antonio, «El método de la cuadratura. Apreciaciones geométricas sobre el gótico», *Periferia*, 1987, pp. 62-69.
- RUIZ DE LA ROSA, José Antonio, «Giralda-Catedral gótica», *Quatro edificios sevillanos*, Sevilla, Colegio de Arquitectos, 1996.
- RUIZ EL JOVEN, Hernán, *Libro de Arquitectura*, 1550, pp. 76 (Manuscrito c. 1550. Estudio y edición crítica por Pedro Navascués Palacio, Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 1974).
- RUIZ RODRIGUEZ, Antonio A., José Manuel GÓMEZ-MORENO CALERA e Inés María DEL ÁLAMO FUENTES, «Francisco del Castillo, autor de la fachada de la Chancillería de Granada», *Cuadernos de Arte*, 1984, pp. 159-172.
- RYKWERT, Joseph, «I comitenti e i loro edifici. Sigismondo Malatesta di Rimini e il Templo Malatestiano», en *Leon Battista Alberti*, Milán, Electa, 1994, pp. 378-381.
- SAGREDO, Diego de, *Medidas del Romano necesarias a los oficiales que quieren seguir las formaciones de las Basas, Columnas, Capiteles y otras piezas de los edificios antiguos*, Toledo, Remon de Petras, 1526 (Ed. facsímil de la ed. de Toledo de 1549, Madrid, 1986, Consejo de Colegios de Arquitectos Técnicos).
- SAINT AUBIN, Jean-Paul, «Les enjeux architecturaux de la didactique stéréotomique de Desargues», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, pp. 363-370.
- SAKAROVITCH, Joël, «Le fascicule de stéréotomie : entre savoir et métiers, la fonction de l'architecte», en *Desargues en son temps*, París, Blanchard, 1994, pp. 347-362.
- SAKAROVITCH, Joël, «The Teaching of Stereotomy in Engineering schools in France in the XVIIIth and XIX centuries: an Application of Geometry, an 'Applied Geometry', or a Construction Technique?», en Patricia Radelet-de Grave y Edoardo Benvenuto, ed., *Entre mécanique et architecture*, Basel - Boston - Berlin, Birkhäuser Verlag, 1995, pp. 204-218.
- SAMBRICIO, Carlos, «La fortuna de Sebastiano Serlio», en Serlio, Sebastiano, *Tutte le opere di architettura...*, Oviedo, Colegio de Arquitectos Técnicos, 1986, pp. 9-125.
- SAMPEDRO, Julián, «Parroquia de San Vicente Mártir», *Catálogo Monumental Diócesis de Vitoria*, Vitoria, Obispado-Caja de Ahorros, 1968.
- SAN NICOLÁS, Fray Laurencio de, *Arte y uso de Arquitectura*, s. l. [Madrid], Imprenta de Juan Sanchez, 1639 (Ed. facsímil, Valencia, Albatros, 1989).
- SAN NICOLÁS, Fray Laurencio de, *Segunda parte del Arte y uso de Arquitectura*, s. l., s. e., 1665 (Ed. facsímil Valencia, Albatros, 1989).
- SANABRIA, Sergio Luis, «The mechanization of design in the XVIth century: The structural formulae of Rodrigo Gil de Hontañón», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1982, pp. 281-293.
- SANABRIA, Sergio Luis, *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, 1984 (Tesis doctoral, Universidad de Princeton).
- SANABRIA, Sergio Luis, «From Gothic to Renaissance Stereotomy», *Technology and culture*, 1989, pp. 266-299.
- SANABRIA, Sergio Luis, «A Late Gothic Drawing of San Juan de los Reyes in Toledo at the Prado Museum in Madrid», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1992, pp. 161-173.
- SANCHEZ CANTÓN, Francisco Javier, *La librería de Juan de Herrera*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1941.
- SANCHEZ CANTÓN, Francisco Javier, *Opúsculos gallegos sobre las Bellas Artes*, Santiago de Compostela-Pontevedra, Colección de los Bibliófilos gallegos, 1956.
- SANCHO [DE SOPRANIS], Hipólito, «Los Vandelvira en Cádiz», *Archivo Español de Arte*, 1948, pp. 43-54.
- SANCHO DE SOPRANIS, Félix, «Las medidas castellanas en las reglas de trazado», *Revista Nacional de Arquitectura*, 1946, pp. 16-18.
- SANCHO DE SOPRANIS, Hipólito, «La arquitectura jerezana en el siglo XVI», *Archivo Hispalense*, 1964, pp. 9-73.
- SANJUÁN MORENO, Mariano, «Uno de los grandes ingenios de la provincia de Jaén en la Edad Media. El príncipe de las matemáticas Juan Pérez de Moya ...», *Don Lope de Sosa*, 1915, pp. 1-7.
- SANZIO, Rafael, atribuida a, *Carta a Leon X*, (Transcrita partiendo de varias fuentes por Stefano Ray, *Raffaello architetto*, Bari, Laterza, 1974).

- SARTHOU CARRERES, Carlos, y Pedro NAVASCUÉS PALACIO, *Catedrales de España*, Madrid, Espasa-Calpe, 1998 (1ª ed. Carlos Sarthou Carreres, 1952; 12ª ed., enteramente revisada por Pedro Navascués Palacio, 1988).
- SCAGLIA, Gustina, «Alberti e la meccanica della tecnologia descritta nel 'De re aedificatoria' e nei 'Ludi matematici'», en Joseph Rykwert, ed., *Leon Battista Alberti*, Milán, Electa, 1994, pp. 316-329.
- SCHLOSSER, Julius von, *Die Kunstdliteratur*, Viena, Kunstverlag Anton Scroll, 1924 (Tr. española de la 3ª ed. italiana de Esther Benítez, *La literatura artística*, con adiciones de Antonio Bonet Correa, Madrid, Cátedra, 1976).
- SCHMUTTERMAYER, Hans, *Fialenbüchlein*, (Ed. Lon R. Shelby, *Gothic Design Techniques*, Carbondale, Southern Illinois Press, 1977).
- SCHÖLLER, Wolfgang, «Le dessin d'architecture a l'époque gothique», en Roland Recht, ed., *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, Estrasburgo, Editions Les Musées de la Ville de Strasbourg, 1989, pp. 227-235.
- SCOTTI, Aurora, «Architetti e cantiere a Milano a metà del Cinquecento», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, París, Picard, 1991, pp. 239-247.
- SEBASTIÁN, Santiago, «Arquitectura», *El Renacimiento*, Madrid, Alhambra, 1980.
- SENE, A., «Un instrument de précision au service des artistes du Moyen Age: l'equerre», *Cahiers de civilisation médiévale*, 1970, pp. 349-358.
- SERLIO, Sebastiano, *Tercero y cuarto libro de Arquitectura ... nuevamente traduzido de Toscano en Romance Castellano por Francisco de Villalpando Architecto*, Toledo, Ivan de Ayala, 1552 (Ed. facsímil Barcelona, Altafulla, 1990).
- SERLIO, Sebastiano, *Tutte l'opere d'architettura*, Venecia, 1600 (Libro IV, órdenes, Venecia 1537; Libro III, Antigüedades de Roma, Venecia 1540; Libros I y II, geometría y perspectiva, París 1545; Libro V, templos, París 1547; *Libro extraordinario*, puertas, Lyon, 1551; Libro VII, Francfort, 1575; *I sette libri dell' architettura*, Venecia 1584).
- SERRERA CONTRERAS, Juan Miguel, «'Ut pictura, architectura'. La arquitectura en la pintura del Renacimiento Andaluz», en *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, Sevilla, Consejería de Cultura, 1992, pp. 213-243.
- SHEARMAN, John, *Mannerism*, Harmondsworth, Penguin, 1967 (Tr. española de Justo González Beramendi, *Manierismo*, Madrid, Xarait, 1984).
- SHELBY, Lon R., «Medieval mason's tools: the level and the plumb rule», en *Technology and culture*, 1961, pp. 127-130.
- SHELBY, Lon R., «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», *Speculum*, 1964, pp. 387-403.
- SHELBY, Lon R., «Medieval mason's tools: compass and square», en *Technology and culture*, 1965, pp. 236-248.
- SHELBY, Lon R., «Setting out the keystones of Pointed Arches: A note on medieval 'Baugeometrie'», *Technology and culture*, 1969, pp. 537-548.
- SHELBY, Lon R., «Medieval masons' templates», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1971, pp. 140-154.
- SHELBY, Lon R., «The geometrical knowledge of medieval master masons», en *Speculum*, 1972, pp. 395-421.
- SHELBY, Lon R., «Introduction», en *Gothic Design Technics: The fifteenth-century design booklets of Mathes Roriczer and Hans Schmuttermayer*, Carbondale, Southern Illinois University Press, 1977.
- SIGÜENZA, Fray José de, *Historia de la Orden de San Jerónimo*, Madrid, Juan Flamenco, 1605 (Ed. Madrid, Apostolado de la Prensa, 1927; ed. Madrid, Aguilar, 1963).
- SIMÓN [DÍAZ], José, «Fraudes en la construcción del antiguo Alcázar madrileño», *Archivo Español de Arte*, 1945, pp. 347-359.
- SIMSON, Otto von, *The Gothic Cathedral: Origins of Gothic Architecture and the Medieval concept of Order*, Princeton, Princeton University Press, 1956 (Tr. esp. de Fernando Villaverde, *La Catedral Gótica*, Madrid, Alianza Forma, 1980).
- SMYTH-PINNEY, Julia M., «The Geometries of S. Andrea al Quirinale», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1989, pp. 53-65.

- SOJO Y LOMBA, Francisco, *Los maestros canteros de Trasmiera*, Madrid, Huelves y compañía, 1935.
- SORALUCE BLOND, Jose Ramón, «Ciencia y arquitectura en el ocaso del Renacimiento. Notas para la historia de la Real Academia de Matemáticas de Madrid», *Academia*, 1987, pp. 67-107.
- SUCKALE, Robert, «La théorie de l'architecture au temps des cathedrales», en Roland Recht, ed., *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, Estrasburgo, Editions Les Musées de la Ville de Strasbourg, 1989, pp. 41-50.
- SZAMBIEN, Werner, *Symétrie, goût, caractère*, París, Picard, 1986 (Tr. esp. de Juan Calatrava, *Simetría, gusto, carácter*, Madrid, Akal, 1993).
- TAFURI, Manfredo, *L'Architettura dell' Umanesimo*, Bari, Laterza, 1969 (Tr. esp. de Víctor Pérez Escolano, *La arquitectura del Humanismo*, Madrid, Xarait, 1978).
- TAFURI, Manfredo, «Il palazzo di Carlo V a Granada: architettura 'a lo romano' e iconografia imperiale», *Ricerche di Storia dell'arte*, 1987, pp. 4-26 (Tr. esp. «El palacio de Carlos V en Granada: arquitectura 'a lo romano' e iconografía imperial», *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada*, XXIV, 1988, 77-108; recogido en *Ricerca del Rinascimento. Principi, città, architetti*, Turín, Einaudi, 1992).
- TAPIÉ, Victor L., *Baroque et Clasicisme*, París, Plon, 1957 (Tr. esp. de Susana Jafkalvi, *Barroco y clasicismo*, Madrid, Cátedra, 1978).
- TARRAGÓ CID, Salvador, «Las Matrioskhas de Santiago», *Obradoiro*, Junio 1978.
- TAYLOR, René, «Architecture and Magic», en *Essays in the History of Architecture in honor of Rudolf Wittkower*, Londres, Phaidon, 1967 (Tr. española de Felisa Forteza, en la revista *Traza y Baza* nº 6. 2ª ed. española, ampliada, *Arquitectura y Magia. Consideraciones sobre la idea del Escorial*, Madrid, Siruela, 1992).
- TAYLOR, René, «The façade of the Chancilleria of Granada», en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, Universidad de Granada, 1976, pp. 419-436.
- TAYLOR, René, *Arquitectura andaluza. Los hermanos López de Rueda*, Salamanca, Universidad de Salamanca, 1978.
- TAYLOR, René, «Juan Bautista Villalpando y Jerónimo Prado: de la arquitectura práctica a la reconstrucción mística», en *Dios Arquitecto*, Madrid, Siruela, 1991 (Volumen de ensayos acompañando a *El templo de Salomón según Prado y Villalpando*. Reimpresión como libro independiente, 1994).
- THOENES, Christof, «La teoría del dibujo de arquitectura en los tratados italianos del Renacimiento», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 379-391.
- TOAJAS ROGER, María de los Ángeles, «Aportación a la lexicografía española de arquitectura del siglo de oro: Vocabulario de carpintería y de alarifes en Diego López de Arenas», en *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, Madrid, Universidad Complutense, 1994, pp. 665-682.
- TOAJAS ROGER, María Angeles, «Diego López de Arenas, su arte y sus textos», en *Breve compendio de la carpintería de lo blanco y tratado de alarifes*, Madrid, Visor, 1997.
- TOKER, Franklin, «Gothic architecture by remote control: an illustrated building contract of 1340», *Art Bulletin*, 1985, pp. 67-95.
- TOLNAY, Charles de, *Michelangelo. Pittore, scultore, architetto*, Florencia, 1951 (Trad. española de Aurelio Martínez Benito, Madrid, Alianza, 1985).
- TORIJA, Juan de, *Breve tratado de todo tipo de bóvedas así regulares como irregulares ...*, Madrid, Pablo de Val, 1661 (Ed. facsímil Madrid, Albatros, 1981, con estudio preliminar de Genèvieve Barbé-Coquelin de Lisle).
- TORRES BALBÁS, Leopoldo, «Tras las huellas de Vandaelvira. El Castillo de Sabiote», *Don Lope de Sosa*, 1920.
- TORRES BALBÁS, Leopoldo, «Los cimborios de Zamora, Salamanca y Toro», *Arquitectura*, 1922 (Ahora en *Anales de Arquitectura*, nº 7, 1996, pp. 125-137).
- TORRES BALBÁS, Leopoldo, *Arquitectura Gótica*, Madrid, Plus Ultra, 1952.
- TORTOSA ROBLEDO, Luisa, M^a Carmen VEDREÑO ALBA, «La Capella del Rei Alfons el Magnànim al Monestir de Sant Doménech de València», en *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, Valencia, Conselleria de Cultura, 1997, pp. 62-84.
- TOSCA, Thomas Vicente, *Compendio mathematico: en que se contienen todas las materias mas principales de las ciencias que tratan de la cantidad....*, Valencia, Antonio Bordazar-Vicente Cabrera, 1707-1715,

- (Ed. facsímil del tratado XV de la 2ª ed. de 1727, *Tratado de la Montea y cortes de cantería*, Valencia, Librería París-Valencia, 1992).
- TOVAR MARTÍN, Virginia, «El arquitecto Juan Gómez de Mora, iniciador del barroco en España. El templo de San Antonio de los Portugueses», *Goya*, 1983, pp. 338 - 342.
- TOVAR MARTÍN, Virginia, «Juan Gómez de Mora (1586-1648), arquitecto y trazador del rey y maestro mayor de las obras de la villa de Madrid», en *Juan Gómez de Mora*, Madrid, Museo Municipal, 1986, pp. 1-162.
- TRACHTENBERG, Martin, «Brunelleschi, Ghiberti, and 'L'occhio' minore of Florence Cathedral», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1983, pp. 249 - 257.
- TRACHTENBERG, Martin, «Gothic/Italian 'Gothic': Toward a redefinition», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1991, pp. 22-37.
- TRUANT, Cynthia Maria, *The Rites of Labour: Brotherhoods of Compagnonage in Old and New Regime France*, Ithaca, Cornell Univ Press, 1995.
- TURRIANO, Pseudo Juanelo, *Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas*, 1570 (Manuscrito atribuido a Juanelo Turriano o a Pedro Juan de Lastanosa, c. 1570. Ed. de J. A. García de Diego, Madrid, Turner, 1983).
- TZONIS, Alexander, y Liane LEFAIVRE, «El bastión como mentalidad», en *La città e le mura*, Roma - Bari, Laterza, 1989 (Tr. española de Maria del Carmen Borra, *La ciudad y las murallas*, Madrid, Cátedra, 1991, 317-340).
- ULIERTE VÁZQUEZ, María Luz de, *Historia de Baeza*, Granada-Baeza, Universidad-Ayuntamiento, 1985.
- URIARTE, Castor de, *Las iglesias 'Salón' vascas del último periodo del gótico*, Labastida, Castor Uriarte - Odiak-Alde, 1978.
- VANDEKERCHOVE, Christian, «L'iconographie medievale de la construction», en Roland Recht, ed., *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, Estrasburgo, Editions Les Musées de la Ville de Strasbourg, 1989, pp. 61-80.
- VANDELVIRA, Alonso de, *Libro de Traças de cortes de Piedras*, (Madrid, Biblioteca de la Escuela de Arquitectura, R -10. Original prob. entre 1575 y 1591. Copia del siglo XVII, de Bartolomé de Sombigo y Salcedo o un autor anterior. Ed. facsímil: *Tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira*, Albacete, Caja de Ahorros, 1977; incluye transcripción de Geneviève Barbé-Coquelin de Lisle).
- VANDELVIRA, Alonso de, *Libro de cortes de cantería de Alonso de Vandeelvira, arquitecto, sacado a la luz y aumentado por Philipe Lázaro de Goiti ...*, 1580 (Madrid, Biblioteca Nacional. Ms. 12.719. Original prob. entre 1575 y 1591. Copia del siglo XVII de Felipe Lázaro de Goiti).
- VASARI, Giorgio, *Le vite de' più eccelenti architetti, pittori et scultori italiani*, Florencia, Lorenzo Torrentino, 1550 (Ed. de Luciano Bellosi y Aldo Rossi, Turín, Einaudi, 1991).
- VEGA Y VERDUGO, José, *Informe dado por el señor Don José Vega y Verdugo, ... Canónigo fabriquero de esta Santa Iglesia Metropolitana de Santiago y Arquitecto para la construcción de varias obras en la misma ...*, (Ed. Francisco Javier Sánchez Cantón, *Opúsculos gallegos de las Bellas Artes*).
- VELASCO, Lázaro de, *Traducción de los diez libros de arquitectura de Vitrubio*, 1564 (Ed. F. J. Sánchez Cantón, en *Fuentes literarias para la historia del arte español*, Madrid, vol. I, pp. 183-221).
- VERA BOTÍ, Alfredo, «Arquitectura de los siglos XVII y XVIII en la ciudad de Murcia», en *Murcia Barroca*, Murcia, Ayuntamiento, 1990, pp. 30-49.
- VERA BOTÍ, Alfredo, *La Torre de la Catedral de Murcia. De la teoría a los resultados*, Murcia, Academia Alfonso X, 1993.
- VERA BOTÍ, Alfredo, et. al., *La catedral de Murcia y su Plan Director*, Murcia, Colegio de Arquitectos, 1994.
- VICENTE MAROTO, María Isabel, «Juan de Herrera, un hombre de ciencia», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 79-89.
- VICENTE MAROTO, María Isabel, «Juan de Herrera, científico», en *Juan de Herrera, arquitecto real*, Barcelona, Lunweg, 1997, pp. 157-207.
- VILA JATO, María Dolores, «San Martiño Pinario no seu acontecer pasado: O esplendor dun monasterio», *Catálogo. Galicia no tempo*, Xunta de Galicia, 1990.
- VILA JATO, María Dolores, «El claustro de la Catedral de Santiago», en *Estudios sobre historia de Arte ofrecidos al Prof. Dr. Ramón Otero Túñez, en su 65 cumpleaños*, Santiago de Compostela, Universidade, 1991, pp. 105-118.

- VILA JATO, María Dolores, «Renacimiento e Barroco: novo orde artístico», *Galicia no tempo. Conferencias / outros estudos. Nuevas visiones en torno a la temática de Galicia no tempo*, Santiago de Compostela, Arcebisado / Xunta de Galicia, 1991.
- VILA JATO, María Dolores, y José Manuel GARCÍA IGLESIAS, *Galicia Arte. Galicia en la época del Renacimiento*, Santiago de Compostela, Hércules, 1993.
- VILA JATO, María Dolores, «Precisiones sobre la construcción del monasterio de San Martín Pinario de Santiago», *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa*, Madrid, Universidad Complutense, 1994.
- VILLALOBOS, Daniel, «Proyectos de V. Rodríguez, J. Sagarvínaga y M. Godoy para la reforma del Colegio en el siglo XVIII», en Salvador Andrés Ordaz y Javier Rivera, coord., ed., *La Introducción del renacimiento en España. El Colegio de Santa Cruz (1491-1991)*, Valladolid, Colegio de Arquitectos, 1992, pp. 143-157.
- VILLALPANDO, Juan Bautista, *De postrema Ezechielis Prophetæ Visione Ioannis Baptistæ Villapandi ... Tomi Secundi Explanatum Pars Secunda In qua Templi, eiusque uasorum formatum commentarij, tum aenis quamplurimis descriptionibus exprimitur*, Roma, 1604 (Volumen II de *In Ezechielem Explanatum et Apparatus Urbis ac Templi Hierosolymitani...*, de Jerónimo del Prado y Juan Bautista Villalpando, que comprende la Parte II del Tomo II. El tomo I apareció bajo el nombre de Prado y Villalpando, y las dos partes del tomo II y el tomo III, bajo el nombre de Villalpando únicamente. Tr. española de la parte II del tomo II, Jose Luis Oliver Domingo, *El templo de Salomón según Juan Bautista Villalpando*, incluida en la obra *El templo de Salomón según Prado y Villalpando*, Madrid, Siruela, 1990).
- VILLARD DE HONNECOURT, *Cuaderno*, 1225 (1225-35. París, Bibliothèque Nationale, Ms. fr. 19093. Ed. facsímil en François Bucher, *Architector*, Nueva York, Abaris, 1979. Ed. facsímil, *Carnet de Villard de Honnecourt*, París, Stock, 1980. Ed. española, *Villard de Honnecourt. Cuaderno*, Madrid, Akal, 1991).
- VIOLLET LE DUC, Eugène, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, París, B. Bauche, 1854 (Ed. París, 1979, F. de Nobile, 10 vol. Tr. esp. del artículo «Construction» de Enrique Rabasa, *La construcción medieval*, Madrid, CEHOPU, 1996).
- VIOLLET LE DUC, Eugène, *Entretiens sur l'Architecture*, París, Morel, 1863 (Ed. facsímil Bruselas, Pierre Mardaga, 1986).
- VITRUBIO POLION, Marco, *Architecture, ou Art de bien bastir, mis de latin en francoys, par Ian Martin.*, París, Veuve & heritiers de Ian Barbé, 1547 (Prólogo e il. de Jean Goujon. Base de datos en <<http://www.epas.utoronto.ca:8080/~wulftric/vitruve/>>. Consultada el 10 de Enero de 1999).
- VITRUBIO POLION, Marco, *De architectura, dividido en diez libros, traduzidos de latin en castellano por Miguel de Urrea architecto ...*, Alcalá de Henares, Juan Gracian, 1582.
- VITRUBIO POLION, Marco, *De Architectura libri decem*, (Manuscrito s. I. Tr. española de Joseph Ortiz y Sanz, *Architectura de M. Vitruvio Polion*, Madrid, Imprenta Real, 1787; tr. esp. de Agustín Blánquez, *Los diez libros de Arquitectura*, Barcelona, Iberia, 1995; tr. esp. de Jose Luis Oliver Domingo, *Los diez libros de Arquitectura*, Madrid, Alianza, 1995).
- WARD-PERKINS, John B., *Architettura romana*, Milán, Electa, 1972 (Tr. española de Luis Escolar Bareño, Madrid, Aguilar, 1976).
- WEISS, Roberto, *The Renaissance discovery of classical antiquity*, Oxford, Blackwell, 1973.
- WETHEY, Harold E., «Escaleras del primer renacimiento español», *Archivo Español de Arte*, 1964, pp. 295-305.
- WILKINSON [ZERNER], Catherine, «The career of Juan de Minjares and the Reform of Spanish architecture under Philip II», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1974, pp. 122-132.
- WILKINSON [ZERNER], Catherine, «Il Bergamasco e il Palazzo a Viso del Marques», en *Galeazzo Alessi e l'architettura del cinquecento. Atti del Convegno Internazionale di studi.*, Génova, 1975, pp. 625-630.
- WILKINSON [ZERNER], Catherine, «The Escorial and the invention of the Imperial Staircase», *Art Bulletin*, 1975, pp. 65-90.
- WILKINSON [ZERNER], Catherine, *The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo. A documentary and stylistic study on spanish architecture in the mid-sixteenth century*, Nueva York - Londres, Garland, 1977 (Tesis doctoral presentada en 1968 en la Universidad de Yale).

- WILKINSON [ZERNER], Catherine, «Juan de Mijares and the Reform of Spanish architecture under Philip II», en *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte*, Granada, 1977, pp. 443-447.
- WILKINSON [ZERNER], Catherine, «The new professionalism in the Renaissance», en Spiro Kostof, ed., *The Architect. Chapters in the history of the profession.*, Nueva York, Oxford University Press, 1977 (Tr. española, *El arquitecto. Historia de una profesión*, Madrid, Cátedra, 1984).
- WILKINSON [ZERNER], Catherine, «Planning a style for the Escorial: an architectural treatise for Philip of Spain», *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1985, pp. 37-47.
- WILKINSON [ZERNER], Catherine, «Proportion in practice: Juan de Herrera's design for the façade of the Basilica of the Escorial», *Art Bulletin*, 1985, pp. 229-242.
- WILKINSON [ZERNER], Catherine, «La Calahorra and the Spanish Renaissance staircase», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, París, Picard, 1985, pp. 153-160.
- WILKINSON [ZERNER], Catherine, «Building from drawings at the Escorial», en Jean Guillaume, ed., *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, París, Picard, 1991, pp. 263-278.
- WILKINSON ZERNER, Catherine, *Juan de Herrera. Architect to Philip II of Spain*, New Haven, Yale University Press, 1993.
- WILSON, Christopher, *The Gothic Cathedral. The Architecture of the great church 1130-1530*, Londres, Thames and Hudson, 1990.
- WITTKOWER, Rudolf, «Michelangelo's Biblioteca Laurenziana», *Art Bulletin*, 1934 (Ahora en *Idea and Image*, Londres, Thames and Hudson, 1978, pp. 11-71).
- WITTKOWER, Rudolf, *Architectural Principles in the Age of Humanism*, Londres, Warburg Institute, 1949 (4º ed. inglesa, Londres, Academy, 1973).
- WITTKOWER, Rudolf, «Inigo Jones, Architect and Man of Letters», *Royal Institute of British Architects Journal*, 1953 (Ahora en *Palladio and English Palladianism*, Londres, Thames and Hudson, 1974, pp. 49-64).
- WITTKOWER, Rudolf, «The changing concept of proportion», *Architects' Year Book*, 1953 (También en *Dedalus*, Invierno 1960 y en *Idea and Image*, Londres, Thames and Hudson, 1978, pp. 109-123).
- WITTKOWER, Rudolf, «Brunelleschi and 'Proportion in Perspective'», *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, 1953 (Ahora en *Idea and Image*, Londres, Thames and Hudson, 1978, pp. 125-135).
- WITTKOWER, Rudolf, *Art and Architecture in Italy 1600 -1750*, Hardmondsworth, Penguin, 1958 (Tr. esp. de Margarita Suárez Carreño, *Arte y arquitectura en Italia 1600/1750*, Madrid, Cátedra, 1979).
- WITTKOWER, Rudolf, *English literature in architecture*, 1966 (Conferencia en Columbia University, ahora en *Palladio and English Palladianism*, Londres, Thames and Hudson, 1974, pp. 95-112).
- WITTKOWER, Rudolf, *The 'Menicantonio' Sketchbook in the Paul Mellon collection*, 1970, pp. 91-108 (Conferencia en el Congresso Internazionale di Studi Bramanteschi, Roma, 1970. Ahora en *Idea and Image*, Londres, Thames and Hudson, 1978).
- WITTKOWER, Rudolf, *Michelangelo's Dome of St Peter's*, 1970 (Conferencia en Wellesley College, ahora en *Idea and Image*, Londres, Thames and Hudson, 1978).
- WITTKOWER, Rudolf, *Gothic versus classic*, Londres, Thames and Hudson, 1974.
- WÖLFFLIN, Heinrich, *Renaissance und Barock*, Munich, 1888 (Tr. española, *Renacimiento y Barroco*, Madrid, Alberto Corazón, 1977).
- YARZA, Joaquín, et al., *Arte Medieval II. Románico y Gótico*, Barcelona, Gustavo Gili, 1982.
- YARZA, Joaquín, *Arte y arquitectura en España 500-1250*, Madrid, Cátedra, 1987.
- YARZA, Joaquín, *Baja Edad Media. Los siglos del Gótico*, Madrid, Sílex, 1992.
- ZALAMA, Miguel Angel, *El Palacio de La Calahorra*, Granada, Caja General de Ahorros de Granada, 1990.
- ZANCHI, Giovanni Battista, *Del modo di fortificar le città*, Venecia, P. Pietrasanta, 1554.
- ZARAGOZÁ CATALÁN, Arturo, «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la esterotomía moderna», en *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1992, pp. 97-105.
- ZARAGOZÁ CATALÁN, Arturo, «La arquitectura gótica del Maestrazgo en tiempos del Papa Luna», en *Benedicto XIII, el Papa Luna*, Zaragoza, Diputación General de Aragón, 1994.
- ZARAGOZÁ CATALÁN, Arturo, «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», en *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, Valencia, Conselleria de Cultura, 1997, pp. 14-59.