Macarena Salcedo Galera
Universidad Politécnica de Cartagena

Construcción pétrea en la Granada del Renacimiento

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA

Doctorado en Arquitectura y Tecnología de la Edificación

Construcción pétrea en la Granada del Renacimiento

Stone Construction in Renaissance Granada

Macarena Salcedo Galera
Arquitecta

Director: José Calvo López
Doctor Arquitecto

2017

*A mis padres, Lola y Manolo, a los que debo lo que soy y todo lo que he conseguido.
Y a Mario, que me acompaña de la mano en este camino, y hace que mis proyectos sean
también los suyos.*

Agradecimientos

Son muchas las personas y entidades que, de una forma u otra, me han acompañado y han colaborado en el desarrollo de este trabajo.

En primer lugar, gracias a la Universidad Politécnica de Cartagena, por apoyar mi investigación mediante los programas PMPDI-UPCT 2015 y 2016, así como a la Fundación Séneca y al Ministerio de Economía y Competitividad por permitir mi participación en los proyectos de investigación “Arquitectura renacentista y construcción pétreo” (19361/PI/14) y “Diego de Riaño, Diego de Siloé y la transición del Gótico al Renacimiento en España” (HAR2016-76371-P) respectivamente, facilitando los medios necesarios para el desarrollo de la investigación.

Mi más profundo agradecimiento al Patronato de la Alhambra y el Generalife, a la Archidiócesis de Granada, al personal del edificio de la Real Chancillería, y a todos y cada uno de los párrocos que de buen grado han permitido el desarrollo de mi actividad investigadora en todos los edificios visitados. Sin su colaboración no habría sido posible la correcta toma de datos, así como el posterior análisis de los mismos.

Gracias al profesor Antonio Gómez-Blanco por acogerme durante tres meses en el *SM_Lab* de la Universidad de Granada. Gracias igualmente al personal del *3D Survey Group*, especialmente a los profesores Achille y Fassi, quienes me acogieron durante mi estancia en el Politécnico de Milán. Gracias a Cinzia y Alessandro por su inestimable ayuda en ese tiempo.

Gracias a los integrantes del Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación y de la E.T.S. de Arquitectura y Edificación, por el soporte brindado en mi labor investigadora. Especialmente a mis compañeros M^a José, Ricardo y Pau, por sus comentarios, apoyo y empatía a lo largo de este proceso.

No tengo más que palabras de agradecimiento para la persona que me ha guiado desde el principio en este proceso, el profesor José Calvo López, pese a que, parafraseando a Umberto Eco, siempre dice que no se debe dar las gracias a un director de tesis. Gracias por la dedicación e implicación absoluta, así como por la confianza depositada en mi persona.

Por último, debo dar gracias a las personas que, desde el ámbito personal, contribuyen a hacer de mí una mejor profesional. Gracias a mis padres, Lola y Manolo, por enseñarme que el sacrificio es la base de cualquier proyecto. Gracias a Rocío, a Germana y a Rafa, por celebrar mis logros como si fueran suyos. Gracias a la familia Rosique Blasco, y gracias a Mario, por tantos viajes y tantas horas de frío tomando datos; por su ayuda, su paciencia, y por el cariño con que se ha involucrado en mi trabajo.

**CONFORMIDAD DE SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE DEPÓSITO DE
TESIS DOCTORAL POR EL/LA DIRECTOR/A DE LA TESIS**

D. José Calvo López Director/a de la Tesis doctoral: *Construcción pétrea en la Granada del Renacimiento (Stone construction in Renaissance Granada)*

INFORMA:

Que la referida Tesis Doctoral, ha sido realizada por D^a. Macarena Salcedo Galera, dentro del Programa de Doctorado en Arquitectura y Tecnología de la Edificación, dando mi conformidad para que sea presentada ante el Comité de Dirección de la Escuela Internacional de Doctorado para ser autorizado su depósito.

La rama de conocimiento en la que esta tesis ha sido desarrollada es:

- ☐ Ciencias
- ☐ Ciencias Sociales y Jurídicas
- ☒ Ingeniería y Arquitectura

En Cartagena, a 2 de FEBRERO de 2017

EL/LA DIRECTOR/A DE LA TESIS

Fdo.:

COMITÉ DE DIRECCIÓN ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

CONFORMIDAD DE DEPÓSITO DE TESIS DOCTORAL
POR LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA

D. MARIS LARZON TORRES, Presidente/a de la
Comisión Académica del Programa de Doctorado en Arquitectura y Tecnología de la
Edificación.

INFORMA:

Que la Tesis Doctoral titulada, *Construcción Pétreo en la Granada del Renacimiento*
(*Stone construction in Renaissance Granada*) ha sido realizada, dentro del mencionado
Programa de Doctorado, por D^a. Macarena Salcedo Galera, bajo la dirección y supervisión
del Dr. José Calvo López.

En reunión de la Comisión Académica de fecha 16/02/17, visto que en la misma se
acreditan los indicios de calidad correspondientes y la autorización del Director/a de la
misma, se acordó dar la conformidad, con la finalidad de que sea autorizado su depósito por
el Comité de Dirección de la Escuela Internacional de Doctorado.

La Rama de conocimiento por la que esta tesis ha sido desarrollada es:

- ☐ Ciencias
- ☐ Ciencias Sociales y Jurídicas
- ☒ Ingeniería y Arquitectura

En Cartagena, a 16 de FEBRERO de 2017

EL PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA

COMITÉ DE DIRECCIÓN ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Resumen

Si bien algunos autores han restado importancia a los focos andaluces de la arquitectura renacentista, son muchos los que le atribuyen una gran importancia en el Renacimiento español. En este contexto, Granada adquiere una especial relevancia dados los acontecimientos históricos de finales de siglo XV, cuyas consecuencias políticas, sociales, culturales y artísticas se dejarán notar en la ciudad durante todo el siglo XVI. Las modificaciones arquitectónicas y urbanas en la ciudad harán de Granada un gran laboratorio renacentista donde experimentar nuevas formas y tipologías constructivas y artísticas, dando lugar a uno de los siglos más prolíficos que ha conocido la capital granadina.

Durante el siglo XVI se produce en España una adaptación de las técnicas góticas de cantería a las nuevas formas renacentistas, que se traduce en un desarrollo de nuevas técnicas y estrategias en la labra para reproducir las formas arquitectónicas propias del Renacimiento emergente importado de Italia. Las fábricas, bóvedas y demás construcciones en piedra de cantería suelen presentar, en general, problemas de estabilidad y no de resistencia, de manera que el factor crítico es la forma de la estructura en su conjunto. Por estos motivos en estas construcciones los problemas a resolver son, fundamentalmente, de carácter geométrico. Es por ello que en las obras de cantería es preciso concebir, con anterioridad a la ejecución, un esquema de división en piezas o despiezo. La estereotomía de la piedra es la disciplina que estudia las trazas y procesos de labra necesarios para la ejecución de piezas de cantería, cuya importancia en la construcción pétreo queda acreditado históricamente por el gran número de tratados y manuscritos que centran su atención en el desarrollo y exposición de diferentes soluciones.

En esta tesis doctoral plantea estudiar la estereotomía de distintas fábricas y piezas de cantería construidas en Granada durante el siglo XVI. Para ello se han analizado, por un lado, los tratados y manuscritos de cantería del XVI, y por otra parte, se han llevado a cabo levantamientos fotogramétricos de una selección representativa de piezas relevantes de cantería en Granada. Este estudio ha permitido profundizar en el conocimiento de las técnicas empleadas en su diseño geométrico y en su ejecución, aportando una visión de conjunto sobre la aparición, evolución y difusión de la construcción pétreo a lo largo del siglo XVI en el foco renacentista granadino.

El levantamiento y análisis de las piezas singulares de cantería en Granada, junto con el análisis de la documentación existente, los textos de cantería y las construcciones anteriores y posteriores a ellas, ha permitido alcanzar el objetivo principal de esta tesis: la determinación de la configuración geométrica y constructiva de las piezas analizadas, así como su influencia y papel relevante en la historia de la construcción en España.

El análisis de las bóvedas del edificio tras los levantamientos realizados ha evidenciado el carácter innovador de las obras renacentistas ejecutadas en Granada tras la reincorporación de la ciudad al Reino de Castilla. Pero no sólo encontramos innovaciones en los problemas que se abordan, sino en los métodos que se emplean.

La investigación realizada ha puesto de manifiesto la notable evolución de las bóvedas por cruceros en la arquitectura granadina, presentando soluciones geométricas complejas, como en la cabecera ochavada de San Jerónimo, los pasos abocinados de la catedral, o la capilla anterior a la sacristía de la catedral, donde encontramos un posible antecedente del conocido Ochavo de La Guardia tras el análisis realizado.

Tras los levantamientos ha quedado patente una gran destreza en el control de formas ovales y elípticas de distintas proporciones, como ocurre en los zaguanes del palacio de Carlos V, o en su famosa bóveda anular, cuyo perfil oval queda equilibrado al presentar el dintel a la misma altura que la primera hilada del lado opuesto. Otro caso singular es el de los pasos extremos de la catedral, cuyo abocinamiento desigual en altura y anchura fuerza la construcción de semielipses en lugar de semicircunferencias, como ocurre en los pasos centrales.

También son interesantes los resultados obtenidos con respecto a la evolución de ciertas piezas y su relación con los textos de cantería, siendo el caso más notable el de los lunetos. Desde los lunetos apuntados de la cripta del palacio de Carlos V, hasta los lunetos esféricos de la cúpula de la catedral, encontramos una serie de ejemplares con distintas configuraciones geométricas, cuyo análisis ha sido aún más interesante al compararlos con soluciones posteriores y las expuestas en los tratados, con las que, como veremos, guardan una estrecha relación. Si en la cripta encontramos probablemente los primeros lunetos apuntados de piedra, donde se genera un arco apuntado con hiladas horizontales y continuas en su totalidad, en el zaguán occidental del mismo edificio se recurre a una solución de luneto cilíndrico donde la intersección resultante es una curva alabeada muy próxima a la solución

teórica de los textos. En el zaguán meridional del mismo palacio, sin embargo, encontramos lunetos apuntados y capialzados, mientras que en la cúpula de la catedral se abren lunetos esféricos, por lo que nos encontramos ante una gran gama de soluciones para la misma pieza que ha resultado verdaderamente interesante para la investigación.

Por tanto, tras analizar todas las discusiones consideradas, es innegable el protagonismo de las obras de cantería ejecutadas en Granada a lo largo del siglo XVI. Dados los escasos antecedentes de las piezas analizadas desde el punto de vista geométrico y constructivo, su carácter innovador es evidente, llegando a ejercer una notable influencia sobre los textos de cantería renacentista y sobre la práctica constructiva al mismo tiempo.

Abstract

Although some authors have downplayed the importance of the Andalusian focus of new Renaissance architecture, many others have attributed a great importance to it. In this context, Granada acquires a special relevance, due to the historical events of the late 15th century, whose political, social, cultural and artistic consequences were noticed in the city throughout the 16th century. Architectural and urban changes in the city made Granada a great Renaissance laboratory to experience new forms, and new constructive typologies, creating one of the most prolific centuries that Granada has known.

During the 16th century, there was an adaptation of the Gothic construction techniques to the new Renaissance forms, which developed in new techniques and stonework strategies in order to reproduce the Renaissance architectural forms imported from Italy.

The main problem to solve when building vaults and stone constructions is usually stability, so that the most critical factor to consider is not resistance, but the shape of the whole structure as a single object. That is why the problems in these kind of constructions are a geometric issue. That is why it is necessary to conceive, before the execution, a scheme of division in pieces. Stereotomy is the discipline that studies the layouts and necessary processes of stonecutting for the execution of stone pieces. And it is historically accredited by the large number of treatises and manuscripts that focus their attention on the development and exhibition of different solutions.

This doctoral thesis proposes to study the geometry and stereotomy of different vaults and stonework pieces built in Granada during the 16th century. To this end, we will analyze, on the one hand, the theoretical tracings and proposals existing in the treatises and Renaissance stonework manuscripts. On the other hand, we have carried out several photogrammetric surveys on a representative selection of relevant pieces in the Italian Renaissance implementation process in Spain, specifically in Granada. This study aims to allow a deeper understanding of the graphic techniques used in its geometric design, as well as the construction techniques used in its execution. It also provides an overview of the Renaissance stone construction history,

its appearance, evolution and diffusion throughout the 16th century in the Granada Renaissance focus.

The survey and analysis of the singular masonry pieces in Granada, together with the analysis of the existing documentation, the stonework texts and the constructions before and after them, have allowed us to reach the main objective of this thesis: the determination of the geometric configuration and constructive features of the analyzed pieces, as well as their influence and relevant role in the construction history in Spain.

The analysis of the vaults of the building has evidenced the innovative character of the Renaissance works executed in Granada after the reincorporation of the city to the Kingdom of Castile. But we do not only find innovations in the problems that are approached, but also in the methods that were used.

The research carried out has revealed the remarkable evolution of the “grid crossing vaults” in Granada architecture, presenting complex geometric solutions, such as in the octagonal head of San Jerónimo, the vaulted passages of the cathedral, or the chapel previous to the sacristy in the Cathedral, where we find a possible antecedent of the well-known “Ochavo de La Guardia” after the analysis carried out.

After the surveying, a great skill has been demonstrated in the control of oval and elliptical forms of different proportions, as in the halls of the palace of Carlos V, or in its famous ring vault, whose oval profile is balanced when presenting the lintel at the same high as the first course on the opposite side. Another singular case is that of the extreme skewed vaulted passages of the cathedral, whose different obliquity in height and width forces the construction of half-ellipses instead of semi-circumferences, as in the central steps.

The results obtained are quite interesting, regarding to the evolution of certain pieces and their relationship with masonry texts, being the most notable case the one of the lunettes. From the pointed lunettes of the crypt of the palace of Carlos V, to the spherical lunettes of the dome of the cathedral, we find a series of pieces with different geometric configurations, whose analysis has been even more interesting when comparing them with later solutions and those exposed in the treatises, which, as we shall see, are closely related. If in the crypt we find probably the first stone pointed lunettes, with horizontal and continuous whole joints, in the western hall of the same building we have found a solution of cylindrical lunette, where the resulting intersection is a very close curve to the theoretical solution of the texts. In the southern hall of the same palace, however, we find pointed lunettes and rare-arches, whereas

in the dome of the cathedral spherical lunettes are opened, reason why we are before a great range of solutions for the same piece that has turned out really interesting for the current research.

Therefore, after analyzing all the discussions considered, the protagonism of masonry works executed in Granada during the 16th century is undeniable. Given the scant background of the analyzed pieces from a geometrical and constructive point of view, its innovative character is evident, becoming a notable influence on the Renaissance stonework texts and on the constructive practice at the same time.

Objectives

The objectives of this thesis are the following:

1. Because of the absence of accurate and sufficiently detailed architectural surveys of the pieces under study, it has been proposed to obtain and develop a rigorous graphic documentation which may serve itself as a contribution to the existing documentation, as well as an analysis tool for further studies.
2. To study the representative pieces, which have been previously selected, from a geometric and constructive point of view. They will be studied in detail from rigorous surveys, and conclusions will be drawn regarding its form and its construction.
3. From the obtained graphic documentation (1) and the detailed study (2) of the selected pieces, the stone Renaissance pieces made during the 16th century in Granada will be classified and analyzed. Likewise, they will be compared with the typologies included in the stonework texts, assessing the possible influence of the built pieces on them, so as to obtain some knowledge about the existing theories about their trace and constructive techniques.
4. Finally, based on the above conclusions, we should be able to study the emergence, evolution and diffusion of the stonework techniques in the Renaissance Granada, mainly during 16th century. Likewise, after the development of the previous points, we will elaborate hypotheses and conclusions on the way in which Granada receives the legacy of the Italian Renaissance, how the city receives and adapts that trend to its medieval tradition, and which influences make this new trend on other artistic focus –related to Granada because of its geographic situation or through the collaboration between its artists–, for example, the Diocese of Cartagena, Sevilla or Jaén.

I. Introducción	5
1.1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	7
1.1.1. Justificación.....	9
1.1.2. Objetivos	12
1.2. CONTENIDO DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.2.1. Fases de trabajo.....	17
1.2.2. Estructura de la tesis.....	23
1.3. METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO.....	25
1.3.1. El levantamiento arquitectónico como metodología de investigación.....	27
1.3.2. El levantamiento mediante fotogrametría.....	33
1.3.3. El proceso de levantamiento.....	43
II. Granada en el contexto de la cantería renacentista hispánica.....	51
2.1. EL RENACIMIENTO EN GRANADA	53
2.1.1. Contexto histórico, político y social	55
2.1.2. Evolución arquitectónica	62
2.1.3. Textos teóricos renacentistas.....	74
2.1.4. Arquitectos renacentistas en Granada	79
2.1.5. Arquitectura renacentista en granada	90
2.2. CANTERÍA RENACENTISTA EN GRANADA	99
2.2.1. La cantería como novedad constructiva.....	101
2.2.2. Tratados y manuscritos de cantería renacentista	108
2.2.3. Piezas singulares de cantería renacentista	121
2.2.4. Piezas singulares de cantería renacentista en Granada	132

III. Análisis de piezas de cantería en granada	135
3.1. EL MONASTERIO DE SAN JERÓNIMO	137
3.1.1. La cabecera de la iglesia de San Jerónimo.....	152
Antecedentes constructivos	153
Levantamiento y análisis.....	160
Conclusiones	169
3.2. LA CATEDRAL DE GRANADA.....	171
3.2.1. Las capillas radiales.....	192
Antecedentes constructivos	193
Levantamiento y análisis.....	199
Conclusiones	204
3.2.2. Los pasos entre altar mayor y girola	206
Antecedentes constructivos	209
Levantamiento y análisis.....	214
Conclusiones	220
3.2.3. Las bóvedas de la girola.....	225
Antecedentes constructivos	226
Levantamiento y análisis.....	230
Conclusiones	233
3.2.4. El arco toral del altar mayor	237
Antecedentes constructivos	238
Levantamiento y análisis.....	244
Conclusiones	247
3.2.5. La cúpula sobre la capilla mayor	249
Antecedentes constructivos	250
Levantamiento y análisis.....	255
Conclusiones	259
3.3. EL PALACIO DE CARLOS V	261
3.3.1. La cripta bajo la capilla.....	277
Antecedentes constructivos	279
Levantamiento y análisis.....	283
Conclusiones	290

3.3.2. La bóveda anular del patio	294
Antecedentes constructivos	297
Levantamiento y análisis.....	302
Conclusiones	304
3.3.3. Bóvedas cilíndricas de lunetos	307
El zaguán occidental	307
El zaguán meridional	309
Antecedentes constructivos	311
Levantamiento y análisis: El zaguán occidental.....	317
Levantamiento y análisis: El zaguán meridional.....	322
Levantamiento y análisis: La sala junto a la cripta	323
Conclusiones	326
3.3.4. Los pasos del zaguán occidental al patio	328
Antecedentes constructivos	328
Levantamiento y análisis.....	331
Conclusiones	334
3.3.5. La bóveda oval del zaguán oriental	336
Antecedentes constructivos	338
Levantamiento y análisis.....	340
Conclusiones	345
 3.4. LA REAL CHANCILLERÍA	 349
3.4.1. La escalera de la Real Chancillería.....	358
Antecedentes constructivos	359
Levantamiento y análisis.....	365
Conclusiones	367
 3.5. EL PALACIO DE LOS CONDES DE CASTILLEJO	 371
3.5.1. El arco de la portada.....	379
Antecedentes constructivos	379
Levantamiento y análisis.....	383
Conclusiones	386

IV. Conclusiones	389
Los artífices del foco renacentista granadino	392
El papel de las bóvedas “por cruceros” en la introducción de las nuevas técnicas	395
El óvalo y la elipse en la construcción pétrea granadina.....	398
Relación de las piezas analizadas con los textos de cantería.....	403
Influencia de las piezas analizadas en la práctica constructiva	409
Consideraciones finales	415
 Conclusions	 417
Bibliografía.....	441
Anexo de planos	473

I. Introducción

1.1. Justificación y objetivos

1.1.1. Justificación

Durante el siglo XVI conviven en España el estilo gótico y las nuevas tendencias del Renacimiento importadas desde Italia. Ambos estilos proponen importantes diferencias en las formas arquitectónicas, sin embargo, a priori, constructivamente no se da tal diferenciación. Más bien, en primera instancia, se produce una adaptación de las técnicas góticas de construcción en piedra de cantería a las nuevas formas renacentistas, y, en segunda instancia, se desarrolla una investigación y posterior desarrollo de nuevas técnicas y estrategias en la labra.

En España en general, y concretamente en el foco granadino, también destacó una tradición medieval y canteril de calidad, que se aprovechó para reproducir las formas arquitectónicas propias del Renacimiento emergente importado de Italia. Sin embargo, al contrario que la construcción italiana en ladrillo, en las obras de cantería es preciso concebir, con anterioridad a la ejecución, un esquema de división en piezas o despiece, lo cual se traduce en una cuestión geométrica. El despiece y los cortes de piedra requieren, por tanto, del conocimiento de la geometría para garantizar el perfecto ensamblaje de las diferentes piezas elementales denominadas dovelas y así conseguir la transmisión correcta de cargas entre ellas, con la consiguiente estabilidad estructural del conjunto.

Si bien Chueca (1953, 1999, 2000) ha restado importancia a los focos andaluces de la nueva arquitectura renacentista¹, dejándolos en un segundo plano, son muchos los autores que han entendido la situación de manera distinta, reconociendo al foco andaluz más importancia de la que en principio se le atribuía². En el panorama arquitectónico y artístico de Andalucía aparecen artistas como Diego de Siloé, Diego de Riaño, Jerónimo Quijano, Alonso de Covarrubias, Andrés de Vandelvira o Hernán Ruiz, sin olvidarse de otros maestros canteros del plateresco cuyo trabajo en Andalucía

¹ Otros autores como Modesto López Otero (1958), Fernando Marías (1983, 1984, 1989, 1992b, 1998a, 2008) o Aurea De la Morena (1999) secundan la postura de Chueca en esta cuestión.

² Gómez-Moreno (1925b, 1949, 1991), Alfredo J. Morales (1981, 1984, 1985, 1989, 1991, 1992, 1996), o Rafael López Guzmán (1984, 1987, 1992a, 1992b, 2001, 2006).

es menos frecuente, como Juan de Álava y Rodrigo Gil de Hontañón. En este contexto, la ciudad de Granada adquiere una especial relevancia dados los acontecimientos históricos de finales de siglo XV, cuyas consecuencias políticas, sociales, culturales y artísticas se dejarán notar en la ciudad durante todo el siglo XVI.

Tras la conquista de Granada en 1492 y la reincorporación de ésta al Reino de Castilla, el principal objetivo de los Reyes Católicos se centra en cristianizar, no sólo a su población, sino también la imagen de la ciudad. El carácter urgente de estas modificaciones arquitectónicas y urbanas, el descubrimiento de un nuevo continente y el consiguiente crecimiento económico del país, sumados a la fuerte expansión de un nuevo estilo arquitectónico importado de Italia, harán de Granada un gran laboratorio renacentista donde experimentar nuevas formas y tipologías constructivas y artísticas, dando lugar a uno de los siglos más prolíficos que ha conocido la capital granadina. Además, la estancia del emperador Carlos V en Granada, y la decisión de construir aquí su palacio, generarían una gran curiosidad en el panorama internacional por la ciudad, atrayendo a la misma a distintas personalidades del mundo de la política y la cultura, dándola así a conocer al resto de Europa. Sin embargo, a finales de siglo, tras la revolución morisca en 1568 y con la llegada del nuevo Rey Felipe II, la ciudad de Granada queda relegada a un segundo plano, trasladándose el foco político y artístico al ámbito escorialense. Por tanto, el período elegido como marco de estudio de la presente tesis doctoral es el siglo XVI, centrándose en los edificios diseñados durante este tiempo, con independencia de que en algunos casos, como es lógico, la construcción se prolongara más allá de los límites de la centuria, llegando incluso al siglo XVIII.

Los grandes edificios renacentistas de Granada como la catedral o el palacio de Carlos V han sido analizados en profundidad por diversos historiadores y autores³, como

³ Los textos más relevantes para algunos de los edificios renacentistas de Granada son, entre otros: Monasterio de San Jerónimo: Castillo Ruiz (1993), Bustamante (1995), Gutiérrez García (2007), Rodríguez Molina (2009). Catedral: Rosenthal (1958, 1961, 1966, 2011), Taylor (1962), Rodríguez Ruiz (2001), Galera Andreu (1992), Gila Medina (2005). Palacio de Carlos V: Rosenthal (1971, 1973, 1985, 1988), Rodríguez Ruiz (2000, 2001), Galera Andreu (1995), Eisler (1992), Brentjes (1987), Marías (2000), Tafuri (1987, 1988). Chancillería: Galera Andreu (1984), Fernández Maryín (1986), León Coloma (1988).

podremos comprobar a lo largo de este trabajo. Sin embargo, no se han llevado a cabo estudios y análisis desde el punto de vista geométrico y constructivo, así como tampoco encontramos levantamientos detallados de las piezas de cantería ejecutadas, puesto que algunos trabajos existentes, como el elaborado por Almagro en la catedral (1993b)⁴ o en San Jerónimo (2004)⁵, consisten en planimetrías generales, si bien estos trabajos son bastante detallados a pesar de la magnitud de los edificios abordados. A pesar de tratarse de edificios y piezas de cantería relevantes en la historia de la construcción pétreo española, apenas han sido objeto de estudios desde el punto de vista constructivo, tan sólo mencionados de forma puntual en algunas obras generales, como la de Palacios ([1990] 2003). Como ya hemos comentado, existen algunos levantamientos planimétricos existentes, pero dado su carácter general, no incluyen la definición de dovelas individuales, ni aportan información suficiente para abordar su estudio desde el punto de vista de la estereotomía. Todo esto aconseja realizar un estudio riguroso y sistemático de la cantería renacentista granadina.

⁴ En *La conservación del Patrimonio Catedralicio*, 1993, p. 99 – 112.

⁵ En *Levantamiento Arquitectónico*, 2004.

1.1.2. Objetivos

Si bien los historiadores acusan un exceso de tecnicismo a los textos de cantería (Gómez-Moreno 1949, 1991; Marías 1979, 1991; Morales 1989), existen autores especialistas que abordan el estudio de estos manuscritos de cantería de una forma muy diferente. Sanabria (1984, 1989), Palacios ([1990] 2003) o Potié (1996) analizan los textos desde un punto de vista geométrico y constructivo, dibujando y reconstruyendo los métodos expuestos en los manuscritos gracias a los conocimientos y herramientas del dibujo que hoy disponemos. Todo esto les hace adquirir posturas muy diferentes de las mantenidas por los historiadores, como Marías o Morales⁶, ya que defienden el carácter innovador de estos textos y reconocen su elevado nivel técnico, más allá de su base teórica. Este interés por la literatura de la cantería coincide con el hallazgo de nuevos manuscritos, como el de Ginés Martínez de Aranda (c. 1600)⁷ y Alonso de Guardia (c. 1600)⁸. Además, al mismo tiempo se ha ido desarrollando una línea de investigación en torno a los dibujos y trazados contenidos en los manuscritos, los cuales ofrecen una información de gran valor y nos acercan a los procesos de construcción y los métodos de trazado, incluso facilitan el estudio transversal de los textos para el análisis de las relaciones existentes entre ellos⁹.

También se ha venido investigando esta temática a través de métodos más experimentales, consistentes en el análisis de los trazados de cantería a tamaño natural conservados en distintos edificios de obra renacentista en nuestro país. En un primer momento este tipo de trabajos consistieron en el calco de dichos trazados para su documentación¹⁰. Sin embargo, para casos complejos, el análisis riguroso de los trazados y las piezas de cantería requiere métodos más sofisticados, además de

⁶ Ver Marías (1983-1984, 1992a, 1993a, 1993b) y Morales (1989, 1992, 1996).

⁷ Ver Calvo (1999, 2009a, 2009b).

⁸ Ver Marías (1983-1984, 1992a, 1993a, 1993b) y Calvo (2009b, 2013).

⁹ Ver Rabasa (1996, 2000, 2007, 2009), Calvo (2000, 2002, 2005a, 2009b, 2011a), Carvajal (2011a) o García Baño (2013).

¹⁰ Ver Jiménez Martín y Pinto (1993), Ruiz de la Rosa (2000) y Taín (2003).

conocimientos específicos en materia de levantamiento arquitectónico, metodología que se llevará a cabo a lo largo del desarrollo de la tesis, y que ha permitido determinar qué piezas fueron construidas con ayuda de los trazados, qué trazados existentes en los manuscritos apoyaron su construcción, e incluso los pormenores del proceso constructivo de dichas piezas.

Los inmejorables resultados que han ofrecido los levantamientos de elementos de cantería han llevado a extender estos métodos a otras piezas de las que desconocemos la existencia de trazados de cantería, desarrollando levantamientos específicos y detallados de piezas de cantería singulares, llegando al nivel de detalle de la dovela individual¹¹ que ofrecen la base para llevar a cabo el análisis geométrico y estereotómico completo y riguroso de estas piezas, así como la garantía de unos resultados precisos. Por tanto, basándonos en todo lo expuesto anteriormente, podemos afirmar que además de los textos y fuentes tradicionales existentes en los archivos, etc, disponemos de nuevos métodos para el estudio sistemático de las obras de arquitectura a través de nuevas líneas, como son el análisis de los dibujos existentes en los manuscritos, la documentación de los trazados de cantería y las propias obras construidas, en especial las piezas singulares, que ahora podemos conocer con gran precisión y de manera rigurosa gracias a los nuevos métodos de levantamiento aparecidos en los últimos años, que complementan el estudio tradicional de las fuentes documentales escritas.

Basándonos en los antecedentes anteriormente descritos, en esta tesis doctoral se plantea estudiar la estereotomía de distintas fábricas y piezas singulares de cantería construidas en Granada durante el siglo XVI. Para ello se analizarán, por un lado, los trazados y propuestas teóricas existentes en los tratados y manuscritos de cantería del XVI en adelante, y por otro lado, se realizarán levantamientos arquitectónicos de una selección representativa de piezas relevantes en el proceso de implantación del renacimiento italiano y su adaptación a las técnicas tradicionales medievales en España, concretamente en la ciudad de Granada. Este estudio permitirá profundizar en el conocimiento de las técnicas gráficas empleadas en su diseño geométrico, así como las técnicas constructivas empleadas en su ejecución, y aportará una visión de

¹¹ Alonso Rodríguez et al. (2002, 2009, 2013), López Mozo (2005, 2009, 2011), Natividad y Calvo (2011, 2012, 2014) y Senent-Domínguez (2011, 2014, 2016) entre otros.

conjunto sobre la historia de la construcción en piedra renacentista, su aparición, evolución y difusión a lo largo del siglo XVI en el foco renacentista granadino.

Los objetivos de esta tesis planteados en un primer momento son los siguientes:

1. Ante la inexistencia de levantamientos arquitectónicos precisos y suficientemente detallados de las piezas objeto de estudio, se ha propuesto obtener y desarrollar una documentación gráfica rigurosa que sirva en sí misma como aportación a la documentación existente, así como herramienta de análisis para su posterior estudio.
2. Estudiar las piezas representativas, seleccionadas como objeto de estudio, desde el punto de vista geométrico y constructivo. Se estudiarán pormenorizadamente a partir de levantamientos rigurosos, y se obtendrán conclusiones respecto de su forma y su construcción.
3. A partir de la documentación gráfica obtenida (1) y del estudio pormenorizado (2) de las piezas seleccionadas, se podrán clasificar y analizar las tipologías y características de las construcciones pétreas renacentistas realizadas durante el siglo XVI en Granada. Asimismo se podrán comparar con las tipologías incluidas en los textos de cantería, evaluando la posible influencia de las piezas construidas sobre ellos, así como arrojar luz sobre las teorías existentes de su trazado y técnicas constructivas, todo ello analizado desde aspectos formales, constructivos, tipológicos e históricos.
4. Finalmente, y a partir de las anteriores conclusiones, deberíamos estar en posición de estudiar la aparición, evolución y difusión de las técnicas de construcción pétreo del Renacimiento granadino, concretamente en lo referido al siglo XVI. Asimismo, tras el desarrollo de los puntos anteriores, podremos elaborar hipótesis y conclusiones sobre la manera en que Granada recibe el legado del Renacimiento italiano, cómo acoge y adapta esa corriente a su tradición medieval, y qué influencias ejerce esta nueva tendencia en otros focos artísticos -relacionados con Granada por su situación geográfica o bien por la colaboración de sus artistas-, como por ejemplo, la Diócesis de Cartagena o Jaén.

1.2. Contenido de la investigación

1.2.1. Fases de trabajo

El trabajo de investigación se estructura siguiendo varias líneas paralelas y complementarias para abordar el estudio de las piezas desde una perspectiva amplia y abarcando toda la información posible para la obtención de unos resultados rigurosos y completos.

Estado de la cuestión

Uno de los puntos de partida obligados para el análisis de cualquier elemento arquitectónico es el estudio de su pasado y su recorrido histórico, con objeto de valorar las circunstancias y condicionantes de su construcción y posterior uso. Esa investigación permite situar sus antecedentes, conocer los hechos acontecidos, la historia de sus artífices, y así llegar a adquirir una comprensión global de su significado. El objeto de esta tesis es el estudio de piezas singulares de cantería ejecutadas en Granada en torno al siglo XVI, para ahondar en su conocimiento a nivel histórico y constructivo, por lo que el análisis de sus antecedentes conlleva un estudio sobre los principios en los que se basó la construcción de bóvedas durante el siglo XVI en España, concretamente en el foco artístico generado en torno a Granada. Las fuentes originales están constituidas por la documentación teórica y los propios edificios objeto de estudio.

En primer lugar se ha profundizado en la documentación teórica, elaborada principalmente por los historiadores a partir de todos los documentos escritos y gráficos conservados. Dada la relevancia de Granada como foco político y artístico durante el siglo XVI, existen un gran número de textos que abordan la evolución de la ciudad desde el estudio histórico y el análisis artístico y arquitectónico¹². Estos trabajos han sido de gran ayuda para profundizar en el conocimiento de las circunstancias políticas, sociales y culturales del momento histórico concreto que nos ocupa, su

¹² Laborde 1806; Justi (1891) 1908; Gómez-Moreno 1892, 1941; Valladar y Serrano 1892, 1912, 2000; Gallego y Burín 1982; Rosenthal 1961, 1985; Eissler 1992; Ampliado 1996; Jerez Mir 2003; López Guzmán 1987, 2006; entre otros.

evolución arquitectónica y los artífices implicados pertenecientes a la escuela artística andaluza.

Una vez analizada la documentación teórica, el análisis de los propios edificios construidos ha sido abordado en la siguiente fase, llegando a una selección de piezas objeto de estudio.

Selección de las piezas objeto de estudio

Para cumplir los objetivos propuestos en el planteamiento de esta tesis, es necesaria la realización de una clasificación y selección de las piezas de cantería renacentista más representativas construidas en la ciudad de Granada durante el siglo XVI. La fase de análisis teórico ha permitido la elaboración de un catálogo de las edificaciones más relevantes construidas durante el siglo XVI en Granada, considerando todas las tipologías existentes desde la arquitectura doméstica a la religiosa o la palacial. A continuación se ha procedido al análisis de los propios edificios, clasificándolos según sistemas constructivos y considerando como relevantes aquellos que incluyen cantería renacentista en sus fábricas. En este punto, el número de edificaciones susceptibles de ser estudiadas se ha reducido considerablemente, pues como más adelante veremos, la cantería queda reservada para edificios de gran entidad o pertenecientes a determinadas familias nobles. Además, es importante distinguir entre la cantería destinada a elementos decorativos y secundarios, y la cantería empleada en bóvedas y elementos estructurales, que es la cuestión que nos ocupa. Así pues, una vez localizados los edificios construidos parcial o totalmente con cantería renacentista se ha procedido a la localización y clasificación de piezas singulares.

Los criterios de selección se han seguido atendiendo fundamentalmente a la naturaleza geométrica de las piezas, considerando como “singulares” aquellas cuyo trazado es lo suficientemente relevante como para ser incluido en los distintos manuscritos de cantería renacentista¹³. En este punto es importante tener en cuenta que en las obras de cantería la estabilidad del edificio es un problema de equilibrio, más que de resistencia, ligado estrechamente a la geometría. Construcción y forma aparecen, por tanto, estrechamente ligadas, y las tipologías de bóvedas y piezas se establecen principalmente atendiendo a su geometría. Por tanto, se han desechado arcos simples

¹³ Martínez de Aranda, por ejemplo, incluye únicamente lo que él considera “arcos dificultosos”.

y piezas relativamente sencillas, y, aunque la mayoría de piezas fueron construidas en el siglo XVI, se han incluido algunos ejemplares posteriores que resultan interesantes por su configuración, y cuyos sistemas constructivos encajan con el ámbito de esta tesis doctoral, la cantería renacentista.

Las tipologías de bóvedas y piezas pétreas que encontramos en la arquitectura renacentista granadina se pueden agrupar en bóvedas (ochavadas, tóricas y cilíndricas rebajadas), lunetos (apuntados, cilíndricos y esféricos) arcos en esviaje, abocinados y abiertos en paramentos curvos (así como sus posibles combinaciones), capialzados en esviaje y decendas de cava, y escaleras, lo cual supone una muestra considerablemente representativa. Además, un significativo número de estas piezas quedan incluidas en lo que conocemos como “bóvedas por cruceros”, que como más adelante veremos, es un dato relevante para la investigación que nos ocupa.

Si bien la detección, localización y selección de edificios y piezas de cantería renacentista ha seguido un proceso riguroso y correctamente documentado, no debemos descartar la existencia de alguna otra pieza que, por cuestiones de inaccesibilidad o falta de documentación, no haya sido incluida en este estudio. En cualquier caso, la variedad de la naturaleza geométrica de las piezas estudiadas, así como el gran abanico de tipologías arquitectónicas incluidas en el inventario realizado, suponen una base sólida para una investigación rigurosa.

Estudio de antecedentes

Paralelamente a la selección de piezas, se ha procedido a su clasificación y a la búsqueda de información bibliográfica sobre el edificio en cuestión, sus autores y la propia pieza. El objeto de esta tesis es el estudio de piezas singulares de cantería ejecutadas en Granada en torno al siglo XVI, por lo que además de las propias piezas objeto de estudio, es necesario realizar una investigación de sus posibles antecedentes, así como ahondar en su conocimiento a nivel histórico y constructivo. En este punto es importante aclarar que la investigación histórica básica, es decir, la recopilación de posibles antecedentes, la determinación de fechas y autorías y el análisis arquitectónico de los edificios en su conjunto, no es el objeto central de la tesis sino un trabajo preliminar imprescindible, puesto que esta labor ya ha sido abordada por los diversos autores ya mencionados que han estudiado cada edificio. En cualquier caso es fundamental recoger estos datos históricos básicos, pues suministran un

soporte indispensable para llevar a cabo el análisis geométrico y constructivo, que es el verdadero núcleo de la tesis.

Dado que la arquitectura del Renacimiento surge de una admiración por la Antigüedad, es importante buscar en Grecia y Roma algunos de los modelos a seguir como posibles antecedentes formales. En cuanto a los procedimientos constructivos, relativamente novedosos, debemos buscar en ámbitos más cercanos espacial y temporalmente. En este punto es importante destacar que se han tenido en cuenta tanto los antecedentes arquitectónicos como los edificios coetáneos y posteriores susceptibles de haber recibido su influencia, como el monasterio de El Escorial¹⁴, puesto que, dadas las circunstancias, nos encontramos ante piezas y edificios con carácter fuertemente innovador en el ámbito constructivo. Es importante destacar que entre las piezas analizadas encontramos bóvedas de gran relevancia en el campo de la Historia de la Construcción, como la bóveda anular del palacio de Carlos V o la escalera de la Chancillería. En cualquier caso, esta selección de obras relacionadas con las piezas estudiadas no pretende ser exhaustiva, sino mostrar una serie de ejemplos interesantes desde el punto de vista tipológico o constructivo, siempre en relación con las piezas singulares construidas en Granada.

Revisión de las fuentes primarias escritas

Durante la investigación, se ha llevado a cabo el análisis de las fuentes primarias escritas como tratados manuscritos, cuadernos personales de arquitectos y canteros y demás documentos existentes. Para llevar a cabo una selección correcta, así como un análisis completo de las piezas de cantería seleccionadas es imprescindible el estudio de los textos más relevantes de cantería y estereotomía del siglo XVI. La finalidad de esta fase de la investigación consiste en conocer todo el trabajo, transcripciones y ediciones críticas realizadas sobre estos textos, así como el entendimiento de sus trazados, para confirmar el proceso de traza y detectar posibles relaciones entre los ejemplos teóricos de los textos y la práctica constructiva. No es objeto de esta fase la transcripción de los manuscritos de cantería relevantes para la tesis, pues ya se dispone de trabajos e investigaciones que han realizado dicha labor. Si es importante, por el contrario, una revisión de los dibujos incluidos en estos manuscritos, especialmente en aquellos puntos donde los manuscritos citan piezas

¹⁴ Ver Bustamante (1985, 1993, 1994, 2001), Wilkinson (1975, 1983-1984, 1985, 1993).

granadinas, como la bóveda anular del palacio de Carlos V o la escalera de la Chancillería, o cuando una pieza construida en Granada pueda aclarar la interpretación. Por tanto, se propone un análisis e interpretación de los textos y dibujos. En este estudio, que se refiere sobre todo a problemas de geometría del espacio, han sido de gran ayuda los programas de diseño por ordenador.

Esta fase de trabajo es imprescindible para conocer la estereotomía de las piezas, así como su técnica de labra y traza, y así poder interpretar adecuadamente los levantamientos realizados con posterioridad.

Documentación de las piezas

El objeto arquitectónico constituye la principal fuente de información de este trabajo, y el levantamiento un instrumento de conocimiento, puesto que no hay mejor documento original que el propio edificio construido que se ha conservado hasta el momento. Considerando las construcciones objeto de estudio como fuentes primarias de la investigación, se han llevado a cabo análisis de las mismas, tanto de manera directa como a través de levantamientos arquitectónicos precisos realizados con medios topográficos y fotogramétricos. Estos levantamientos ofrecen datos acerca de la geometría y la configuración formal de cada una de las piezas analizadas. La información generada a través del levantamiento de sus fábricas es una información que probablemente no puedan ofrecer las fuentes escritas, además de una rigurosa documentación gráfica de las mismas. Como se detalla más adelante en el documento, los levantamientos se han realizado a través de distintas visitas a los edificios y piezas seleccionadas en una primera fase, para pasar después a la fase de elaboración de la documentación gráfica consistente en planos y dibujos que reflejan toda la información necesaria para los fines de investigación de este trabajo.

Análisis geométrico y estereotómico

Por último, y basándonos en la información obtenida durante las fases anteriormente descritas se han llevado a cabo los análisis estereotómicos desde el punto de vista geométrico y constructivo. Estos análisis están destinados a clasificar y analizar las piezas estudiadas para elaborar conclusiones acerca de las tipologías y características de las construcciones pétreas renacentistas realizadas durante el siglo XVI en Granada.

Asimismo se han comparado los resultados de los levantamientos con las tipologías incluidas en los textos de cantería, evaluando las relaciones entre ambos, y arrojando luz sobre las teorías existentes de su trazado y técnicas constructivas. Finalmente, gracias a lo anteriormente expuesto, se han llegado a conclusiones acerca de la aparición, evolución y difusión de las técnicas de construcción pétreo del Renacimiento granadino a lo largo del siglo XVI, así como su influencia en edificios relevantes construidos con posterioridad en otros lugares, y su relación con los textos de cantería.

1.2.2. Estructura de la tesis

El punto de partida de esta investigación es la búsqueda de información sobre los principios y conocimientos en que se fundamenta la construcción de piezas de cantería durante el siglo XVI en el foco del Renacimiento granadino. El planteamiento de la investigación y del trabajo a realizar, estableciendo los objetivos y las bases del mismo, centra el contenido de esta primera parte, además de una descripción justificada del método de levantamiento empleado, fundamental para la investigación.

A continuación se desarrolla el segundo capítulo, donde se aborda el análisis de toda la documentación teórica analizada en las fases previas a los levantamientos. En un primer lugar se realiza una aproximación al Renacimiento granadino desde el punto de vista histórico, artístico y constructivo, la evolución arquitectónica de la ciudad, así como los distintos arquitectos y artistas relacionados con ella, para llegar a una clasificación de los edificios construidos durante en el siglo XVI, y ejecutados con cantería renacentista. En segundo lugar, se aborda la estereotomía como ciencia que estudia la construcción en piedra, analizando los tratados renacentistas y las piezas singulares que abordan dichos textos, para llegar a una selección final de obras concretas situadas en los edificios previamente clasificados.

Tras la investigación previa, la tercera parte del trabajo constituye el cuerpo central de la tesis y se centra en el análisis de los levantamientos realizados. El capítulo, que es el más extenso de todos, se divide en cinco partes, cada una de ellas dedicada a un edificio con una introducción donde se aborda el contexto histórico, el estado del arte y la documentación gráfica existente de cada uno de ellos. A continuación se desarrolla el estudio de cada una de las piezas ordenadas por orden cronológico. Cada pieza presenta una introducción histórica de su construcción, el análisis de sus antecedentes, influencias y teoría recogida por los tratadistas, y por último, el levantamiento y las conclusiones obtenidas de su estudio estereotómico.

Tras las conclusiones, la bibliografía consultada para realizar este trabajo se presenta completa por orden alfabético de autores, incluyendo fuentes primarias. El anexo final completa esta tesis, donde se ofrece toda la documentación gráfica obtenida, como fotografías, nubes de puntos, modelos y planimetrías elaboradas.

1.3. Metodología de levantamiento

« (...) el levantamiento debe ser fundamentalmente un método de análisis y su objetivo final tiene que ver fundamentalmente con el conocimiento del edificio. Este conocimiento deberá ser lo más completo y exhaustivo posible si queremos que cualquier intervención que sobre él hagamos sea eficaz y garante de la conservación de todos sus valores. Por ello, el levantamiento en sí puede y debe considerarse como un método de investigación pues sus resultados nos ofrecen siempre un mejor conocimiento de nuestro patrimonio»

Antonio Almagro Gorbea, 2004. *Levantamiento arquitectónico*.

1.3.1. El levantamiento arquitectónico como metodología de investigación

El levantamiento arquitectónico puede definirse como el conjunto de tareas realizadas para obtener documentos gráficos que representen un objeto arquitectónico, partiendo de los datos que aportan sus propias fábricas. Si bien esto es cierto, hoy en día el concepto trasciende ampliamente este significado. Una definición actual más completa de levantamiento es la que viene recogida en la *Carta del Rilievo*¹⁵, documento cuya primera elaboración fue debatida y aprobada en el congreso celebrado en Nápoles en 1999, dedicado a *Il rilievo dei beni architettonici per la conservazione*, a cuyas actas quedó incorporado¹⁶. Posteriormente, en 2000, se celebró otro congreso de temática similar en Roma donde se redactó un nuevo documento que sintetizaba el anterior, llamado *Declaración sobre el levantamiento arquitectónico*. De este último se ha extraído la siguiente definición y finalidad del levantamiento arquitectónico¹⁷.

Definición y finalidad:

Con el término levantamiento se entiende el conjunto de investigaciones y operaciones orientadas a determinar las características significativas -bajo los aspectos morfológico, dimensional, figurativo y tecnológico- de un organismo edificado o de un conjunto urbano, a evaluarlo y a investigarlo, con el propósito de construir un modelo tridimensional simplificado, a través del cual se pueda analizar la obra, facilitando así la interpretación de sus fases de transformación de los diversos aspectos referidos a los temas más representativos. El

¹⁵ AA. VV. *Carta del Rilievo Architettonico*. Nápoles, 1999.

¹⁶ La primera traducción española fue revisada posteriormente con objeto de hacerla más acorde e inteligible para los lectores de habla hispana. Esta segunda traducción se puede encontrar en: Jiménez Martín, A. y Pinto Puerto, F. (2003). *Levantamiento y análisis de edificios. Tradición y futuro*, p. 48-55. También en Almagro Gorbea, A. (2004). *Levantamiento arquitectónico*, p. 20 – 26.

¹⁷ AA. VV. *Declaración sobre el levantamiento arquitectónico*. Castel Sant' Angelo, Roma, 2000. Traducción al español desde el original en italiano por Ana Almagro Vidal, publicada en Almagro Gorbea, A. (2004). *Levantamiento arquitectónico*, p. 24.

levantamiento es, por tanto, un proceso que debe llevar al conocimiento profundo de la obra en estudio, con el fin de poner en evidencia todos sus valores, tanto geométricos como dimensionales, figurativos como estructurales, desde los materiales empleados y las técnicas constructivas, hasta las condiciones de degradación y las relaciones con el contexto urbano.

Antonio Almagro Gorbea, 2004. *Levantamiento arquitectónico*.

Estas cartas y documentos, redactados por expertos en la materia, no sólo incluyen la definición y finalidad del levantamiento, sino una serie de pautas para su correcta ejecución, tal como criterios y protocolos de representación, así como el contenido necesario para una documentación completa y precisa del patrimonio arquitectónico. Esto es importante, puesto que, si bien tradicionalmente el levantamiento arquitectónico ha sido abordado como trabajos previo a restauraciones y rehabilitaciones, la obtención de documentación gráfica no debe considerarse el fin último del levantamiento, sino un medio para analizar y estudiar el elemento arquitectónico desde puntos de vista diversos como el morfológico, constructivo o geométrico. Especialmente en Italia, el levantamiento ha sido una disciplina ampliamente desarrollada en la actividad profesional, donde, el concepto de “rilievo” se ha ido ampliando hasta abarcar todo lo que supone el conocimiento y la comprensión global del edificio, puesto que la investigación para el conocimiento del patrimonio arquitectónico es una disciplina autónoma y no necesariamente vinculada en exclusiva a los trabajos previos a su restauración. Según esta amplia definición, el levantamiento arquitectónico tiene como finalidad primordial el conocimiento integral del objeto arquitectónico, no sólo en su materialidad física, sino en todo lo que le concierne como pueda ser su historia y su significado.

El levantamiento es, por tanto, un proceso que debe llevar al conocimiento profundo de la obra en estudio, con el fin de poner en evidencia todos sus valores, tanto geométricos como dimensionales, figurativos como estructurales, desde los materiales empleados y las técnicas constructivas, hasta las condiciones de degradación y las relaciones con el contexto. El levantamiento es la forma primigenia de conocimiento del bien arquitectónico, y es necesario para comprenderlo y documentarlo en su configuración completa (Natividad 2012, p. 32).

La finalidad del presente trabajo es el estudio de la geometría de piezas de cantería concretas para elaborar hipótesis sobre su construcción y posibles circunstancias

históricas, así como su posible influencia en manuscritos y obras de arquitectura posteriores, por lo que su levantamiento y documentación gráfica resulta imprescindible como operación inicial análisis.

El levantamiento gráfico de las piezas tiene como finalidad primordial obtener una representación precisa y objetiva del objeto arquitectónico sin fines proyectuales, únicamente representativos. Esta documentación gráfica es fundamental pues permite aunar la imagen del edificio con sus datos dimensionales, sus valores espaciales y de escala.

Gracias a las nuevas técnicas, en la actualidad podemos recurrir a los modelos digitales informatizados, que constituyen el sistema más eficaz y adecuado para el análisis de todos los aspectos necesarios para entender la realidad arquitectónica, dada la propia metodología necesaria para su elaboración. En cualquier caso, el proceso de documentación de todo edificio incluye dos fases bien diferenciadas. Por un lado la toma de datos o trabajo de campo, que se efectúa en el propio edificio, y por otro, el trabajo de estudio o gabinete, consistente en la plasmación de esos datos para la elaboración de la documentación gráfica. En función del método de levantamiento empleado estas fases serán más o menos laboriosas y su combinación dará lugar a una documentación gráfica realizada prácticamente durante el trabajo de campo, o al contrario, una toma de datos sencilla que dará lugar a un trabajo de gabinete más complejo.

El método de levantamiento deberá ser elegido teniendo en cuenta la combinación más adecuada de las técnicas para cada caso, siendo, además capaz de adaptarse a los distintos condicionantes externos, como la instrumentación y recursos disponibles, o los condicionantes espaciales del elemento arquitectónico objeto de estudio. En cualquier caso, y en términos genéricos, se debe partir de la generación de una nube de puntos, que será más importante cuanto más complejo sea el elemento arquitectónico, y que puede ser elaborada mediante distintos sistemas, como detallamos a continuación.

Existen diversos métodos de levantamiento arquitectónico en función de los sistemas empleados, así como de la complejidad de la instrumentación requerida. Antonio Almagro (2004) los clasifica en:

- Sistemas simples

En los sistemas de medición simples se recurre a instrumentos sencillos y tradicionales, como la cinta métrica, la plomada y el nivel. Dentro de este conjunto de técnicas, podemos distinguir entre el levantamiento directo y el diferido. El levantamiento directo, más frecuente en arqueología, se realiza prácticamente por completo durante el trabajo de campo, directamente en el edificio en cuestión, puesto que no requiere una realización posterior en gabinete, más allá de, si fuera necesario, pasar a limpio los planos. El sistema de levantamiento diferido es el más común en arquitectura, y consiste en la toma de datos necesarios (medidas, fotografías, etc.) para elaborar a posteriori, en estudio, la documentación gráfica pertinente.

- Sistemas topográficos

Considerando el elemento arquitectónico siempre como objeto tridimensional, la medición se realiza mediante sistemas que proporcionan la ubicación en el espacio de todas las partes que lo conforman, es decir, que nos permita conocer las tres coordenadas cartesianas de los distintos puntos que definen su geometría. Los sistemas empleados son aparatos o equipos más o menos sofisticados que permiten la medición a distancia de los puntos del objeto visibles, y en ocasiones con dificultosa accesibilidad. De esta manera se determinan las direcciones en las que se encuentran los puntos a localizar desde una localización accesible donde se sitúa el observador. Instrumentos como la estación total y escáner láser nos proporcionan las coordenadas de cada uno de los puntos, y por tanto, nos permiten gestionar esa información con sistemas CAD en gabinete para obtener directamente una documentación gráfica precisa.

- Sistemas fotogramétricos

La fotogrametría es un sistema de medición basado en el uso de fotografías, y apoyado en los mismos principios que los sistemas topográficos, es decir, determinar direcciones en el espacio y definir mediante ellas la posición de determinados elementos de un objeto arquitectónico o edificio. En lugar de obtener los puntos mediante instrumentos topográficos, se utilizan perspectivas obtenidas mediante fotografías. Podemos por tanto definir la fotogrametría como aquella técnica que permite medir elementos arquitectónicos a partir de

fotografías, que son, al fin y al cabo, imágenes perspectivas. A pesar de lo que aparentemente pueda parecer, es una técnica rigurosa pues se rige por principios geométricos y matemáticos. Se apoya en el hecho de que la imagen fotográfica es una perspectiva, generada según un sistema de proyección y, por tanto, siguiendo leyes matemáticas. Con una sola imagen no podremos determinar la posición en el espacio de ningún punto, pero si utilizamos dos perspectivas, o dos fotografías, tomadas desde dos puntos distintos, tendremos datos suficientes para poder determinar la posición espacial de todos aquellos puntos que sean visibles en las dos imágenes.

En cuanto a la precisión de los distintos métodos, debemos distinguir entre la precisión absoluta y la relativa. La primera informa del error máximo con que representamos un punto respecto a su posición real en el espacio, es decir, con respecto a un sistema de referencia externo al objeto. La precisión relativa define el error con que representamos un punto en relación a los otros puntos en torno a él (Jiménez Martín y Pinto 2003, Almagro 2004, Almagro y Almagro 2007). El método de medición a elegir está directamente relacionado con estos conceptos de precisión y error. Es decir, una medición realizada con técnicas tradicionales puede aportar una gran precisión en cuanto a posiciones relativas, puesto que al ser una medición detallada se puede llegar al milímetro. Sin embargo, este método tiende a la acumulación de pequeños errores que se traduce frecuentemente en errores absolutos mucho mayores. La fotogrametría, en cambio, puede conducirnos a errores relativos más altos, ya que la resolución de la fotografía puede no permitirnos apreciar los detalles pequeños. Por otro lado, la precisión absoluta de este sistema es siempre mucho mayor ya que se realiza un control general de los errores y con ello se logran además precisiones mucho más homogéneas. Por tanto, la combinación de distintos sistemas puede ayudar a conseguir una mayor homogeneidad en las precisiones, aunque como norma general, es más importante controlar el error absoluto sobre el relativo, puesto que genera imprecisiones mayores. En cualquier caso es importante destacar que en todo proceso de levantamiento, llevado a cabo mediante cualquier sistema de los anteriormente expuestos, existe una fase objetiva y otra más interpretativa, que depende en gran medida de la persona que ejecuta y procesa los datos recabados, por lo que la precisión del resultado final dependerá en parte de la labor de interpretación realizada. Además, cada uno de los sistemas presenta unas ventajas con respecto a los demás, dependiendo de las características del edificio objeto de estudio, su accesibilidad, el

tamaño, y en general, las circunstancias en las que el uso de uno u otro método será óptimo. De esta manera, todos pueden aportar información determinada en un momento dado, haciendo del levantamiento un proceso completo en su conjunto, desde la toma de datos hasta la elaboración final de la documentación.

Para realizar los levantamientos de este trabajo se ha empleado fundamentalmente el sistema conocido como fotogrametría multimagen o de imágenes cruzadas, con apoyo topográfico de la estación total para asegurar el mínimo error relativo posible, y combinado con la medición mediante cinta y técnicas tradicionales que han facilitado la obtención directa de medidas de determinados elementos y detalles, necesarios para la posterior elaboración de material gráfico.

1.3.2. El levantamiento mediante fotogrametría

Definición y proceso

Hoy en día, cuando se trata de dibujar con rigor elementos arquitectónicos, son muy operativos los métodos extensivos basados en el uso de la fotografía, concretamente la especialización denominada fotogrametría arquitectónica. Estos sistemas consideran que una fotografía es, en esencia, una perspectiva cónica generada a partir de la forma del objeto, del punto de vista y del plano de cuadro, por lo que recorriendo el camino a la inversa sería posible deducir la forma del objeto a partir de la perspectiva cónica, es decir, a partir de la fotografía correspondiente (Almagro 2004, Alonso Rodríguez y Alonso Rodríguez y Calvo 2010).

Un sistema concreto de fotogrametría arquitectónica es la fotogrametría multimagén. Mediante su aplicación, a partir de un conjunto de fotografías convergentes -dos como mínimo- obtenidas con una cámara digital de alta resolución calibrada, y empleando un programa informático especializado, se pueden determinar las coordenadas de los puntos que aparezcan en dos o más fotografías. De este modo y punto a punto es posible obtener un modelo tridimensional del objeto arquitectónico, es decir, un levantamiento. Las características principales de este sistema son el uso de fotografías convergentes y la identificación monoscópica de los puntos (Almagro 2004, Alonso Rodríguez y Calvo 2010, Natividad 2012). La fotogrametría multimagén proporciona un levantamiento discontinuo, es decir, punto a punto. Cuanto mayor sea el número de puntos identificados, mayor será la precisión del levantamiento. El sistema permite abarcar el objeto en su totalidad con facilidad, de manera que los puntos se pueden definir a partir de más datos, lo que implica mayor precisión, aparte de la ventaja ya mencionada de emplear fotografías cruzadas en relación con el ángulo de cruce de los rayos. A medida que identifiquemos mayor número de puntos en más fotografías, mayor será la robustez geométrica y menor el error cometido en la determinación de la posición de dichos puntos (Alonso Rodríguez y Calvo 2010). Aunque profundizaremos en esta cuestión más adelante, es importante mencionar que la fotogrametría multimagén es especialmente indicada para los estudios estereotómicos, puesto que lo que interesa es localizar con precisión puntos determinados del objeto. En el escáner

laser, por el contrario, la precisión de estos puntos singulares es menor, puesto que es necesario interpolar a partir de los puntos indiscriminados obtenidos.

El proceso teórico podemos definirlo a través de las siguientes fases:

- Calibración de la cámara

Este sistema emplea fotografías para proceder al levantamiento y éstas deben obtenerse con una cámara digital de alta resolución previamente calibrada. Esta calibración es necesaria para que el programa fotogramétrico conozca la orientación interna y la distorsión debida a las características ópticas del objetivo. El proceso de calibración consiste en tomar varias fotografías de un patrón geométrico plano, normalmente una retícula, e identificar los vértices utilizando el programa informático. Éste compara las posiciones señaladas con las posiciones teóricas almacenadas en su memoria, y calcula la distorsión introducida. La longitud focal y el enfoque son los parámetros de la cámara y del objetivo que tienen influencia sobre la geometría de las lentes y, por tanto, sobre la distorsión de las imágenes. Por eso estos parámetros se deben fijar en el momento de la calibración y deben permanecer constantes durante la toma posterior de fotografías.

- Toma de fotografías convergentes

Las fotografías convergentes, tomadas estratégicamente, deben abarcar el elemento en su totalidad. Se deben obtener series encadenadas con buenos solapamientos y puntos claros de identificar. Hay que evitar las zonas ocultas o con sombras, pues todo aquello que no aparezca o no se distinga no podrá ser levantado. Conviene que las fotografías sean convergentes, es decir, cruzadas u oblicuas, de manera que se representen los mismos puntos desde varias posiciones pues mejora notablemente la precisión del sistema, como se explicará más adelante. Es preferible tomar más fotografías de las necesarias, aunque luego no se utilicen todas.

- Orientación de las fotografías y detección de puntos

Una vez realizadas las fotografías, éstas se cargan dentro del programa informático. La orientación se realiza de manera automática, previa

identificación de puntos homólogos¹⁸ sobre las imágenes. El reconocimiento de puntos se puede realizar de forma manual o automática, dependiendo de si queremos obtener una nube de puntos densa o puntos determinados del objeto.

Para la orientación automática es preciso introducir a priori las coordenadas de puntos homólogos, cuantos más mejor, en todas las fotografías, obtenidas mediante técnicas topográficas. En el caso de la detección manual de puntos, debemos orientar las fotografías de dos en dos reconociendo en ambas los puntos homólogos, de manera que cuantos más puntos reconozcamos, más precisa será la orientación, al igual que en el proceso automático. Durante el proceso de orientación, el programa obtiene las coordenadas de los puntos homólogos identificados. Una vez orientadas las fotografías podemos localizar cuantos puntos sean necesarios para obtener la nube deseada. El programa, además, proporciona rayos que facilitan la localización del homólogo en otras fotografías. A medida que se van marcando más homólogos del punto dado, parecen más rayos, que en realidad son las intersecciones del plano definido por los centros de proyección y las parejas de puntos homólogos con los planos de las imágenes. En este sentido, los rayos nos orientan del error relativo que estamos cometiendo según la proximidad o lejanía a la posición del punto. La desviación cometida en la determinación de un punto fruto de la intersección de dos rectas que se cortan depende del ángulo que forman; es mayor cuanto menor es el ángulo y disminuye según se acerca al ángulo recto. Algo similar ocurre con las rectas que se cruzan, de manera que si son los rayos homólogos de un sistema fotogramétrico el caso más desfavorable se da cuando las fotografías son paralelas, disminuyendo el error con fotografías cruzadas (Alonso Rodríguez y Calvo 2010, p. 37).

¹⁸ Dos puntos son homólogos entre sí cuando, identificados de manera independiente en dos fotografías diferentes, representan en realidad el mismo punto común del modelo tridimensional. Por lo tanto, cualquier punto identificado en una fotografía tendrá su correspondiente en otra, y de ahí que se denominen homólogos.

- Obtención de nube de puntos tridimensional

El resultado del proceso fotogramétrico es una nube de puntos tridimensional, susceptible de exportarse a cualquier programa CAD. Si se ha procedido a la orientación automática, la nube obtenida está a escala y orientada correctamente, puesto que se basa en las coordenadas de puntos concretos. En el caso de la orientación manual, esta nube carece de escala y orientación, por lo que será necesario, para completar el trabajo, escalar la nube de puntos aportando las medidas tomadas en el trabajo de campo, y orientarlo determinando la vertical del modelo tridimensional. Tratándose de un objeto arquitectónico, no debe suponer gran dificultad localizar una arista que se pueda identificar como eje vertical. Por otro lado, la escala se establece midiendo la distancia entre dos puntos conocidos, siendo aconsejable que ésta sea lo más grande posible. Aunque estrictamente solo es necesaria una cota conviene tomar más, pues servirán para verificar la bondad métrica del trabajo realizado (Jiménez Martín y Pinto 2003, p. 91). Estas operaciones de orientación y escalado pueden realizarse en el programa fotogramétrico, de manera que la nube de puntos queda completamente definida en el proceso, si bien, obviamente, estas operaciones también se pueden realizar en el programa CAD correspondiente.

Precisión del sistema

Muchos autores han escrito sobre la evolución y las bases teóricas de la fotogrametría, definiéndolo como un sistema preciso, que se ha actualizado en los últimos años gracias al avance y a las nuevas opciones que ofrecen las tecnologías digitales (Almagro 1992, 2003, 2004; Almagro y Almagro 2007; Jiménez Martín y Pinto 2003; Remondino 2005, 2006a, 2006b; Remondino et al. 2009, 2012; Nocerino et al. 2014; Alonso Rodríguez 2008, 2010; Buill 2007; Achille et al. 2010; Mandelli 2011).

El papel de la fotogrametría como técnica de levantamiento en el ámbito del patrimonio cultural es indiscutible; el hecho de ser una metodología que no requiere contacto con el objeto, su rapidez en la adquisición de datos, con una considerable flexibilidad de uso y excelente precisión métrica en la determinación de la geometría y la forma de los objetos de cada objeto, le han

aportado una difusión cada vez mayor, ampliada especialmente hoy en día gracias a las oportunidades de la era digital.¹⁹

Alessandro Mandelli, 2011. *Moderne tecniche di rilievo e documentazione dei Beni Culturali*.

Además, gracias a estos avances, la fotogrametría ha sufrido un desarrollo en cuanto a la precisión del sistema. Se están difundiendo, cada vez más, sistemas de fotogrametría digital automáticos con una gran velocidad en los procedimientos, sobre todo en lo que respecta a la fase de localización de los puntos homólogos entre las imágenes, en combinación con los sistemas analíticos tradicionales, basados en procesos manuales que aseguran una mayor precisión. Es decir, la fase del procesamiento de las imágenes, que anteriormente era ejecutada de forma manual, hoy en día puede llevarse a cabo de forma totalmente automática por el ordenador, lo que permite un ahorro considerable de tiempo, la capacidad de procesar una considerable cantidad de datos y en consecuencia detectar y restituir elementos arquitectónicos complejos y de una extensión considerable. Eso sí, siempre con la posibilidad de combinar el trabajo con aportaciones manuales para afinar la precisión en la detección de los puntos. Por consiguiente, las nuevas técnicas de imagen convergentes por ordenador permiten la obtención de modelos 3D absolutamente discretos, cuya precisión de resolución es comparable a los obtenidos con técnicas topográficas, como escáner láser (Lagostina 2014, p. 14). Con referencia a esto último muchos han sido los trabajos publicados enfocados a demostrar la precisión de la fotogrametría en comparación con los métodos de levantamiento más rigurosos en la actualidad, como el escáner láser o la estación total, sobre todo desde que es posible obtener nubes de puntos densas de alta resolución. Especialmente destacables son los trabajos enfocados al análisis estereotómico de piezas de cantería, como el caso que nos ocupa²⁰. Un ejemplo es el trabajo '*Functionalism and caprice in stonecutting. The case of the Nativity Chapel in Burgos Cathedral*, consistente en el levantamiento y

¹⁹ Traducción libre del original en Mandelli, A., 2011. *Moderne tecniche di rilievo e documentazione dei Beni Culturali*, p. 27.

²⁰ Alonso Rodríguez et al. 2002, Calvo 2000, 2007, 2011b; Calvo y Alonso Rodríguez 2005; Calvo et al. 2004, 2005; Natividad 2012, entre otros.

análisis de la bóveda de la Capilla de la Natividad de la catedral de Burgos, una cúpula de planta oval. Durante la toma de datos se midió la bóveda por fotogrametría en primera instancia. Ante los sorprendentes e inusuales resultados obtenidos²¹ se repitió con escáner láser 3D en segundo lugar, comprobando que la medición inicial por fotogrametría multimagen había sido correcta (Alonso Rodríguez et al. 2009). De la misma manera, existen innumerables trabajos de investigación en áreas distintas a la estereotomía que han basado su análisis en levantamientos fotogramétricos, demostrando sobradamente su precisión e idoneidad para estudios sobre patrimonio arquitectónico (Almagro 2007, Remondino 2008, Fassi et al. 2011, Buill et al. 2013, Nocerino et al. 2014, Soler y Almagro 2014).

Sin embargo, los trabajos que con más profundidad abordan la precisión de la fotogrametría en relación a otros métodos son aquellos que se basan en la comparación de resultados tras ejecutar el levantamiento del mismo elemento arquitectónico mediante diversos sistemas (Remondino 2005, Mandelli 2016)²². Destaca especialmente el trabajo de Fabio Remondino: *3D Modeling of close-range objects: Photogrammetry or Laser Scanning?*, en el que no sólo demuestra sobradamente que la precisión de la fotogrametría puede llegar a ser igual que la de un escáner láser, sino que al ejecutar el levantamiento de un objeto arquitectónico, en este caso una iglesia, mediante fotogrametría, obtiene un error menor que al emplear escáner láser. Según concluye Remondino, esto puede deberse a la dificultad del escáner de reconocer determinados puntos naturales como puntos de control de forma automática, lo cual no garantiza una gran precisión, entre otros factores (fig. 1).

En este artículo informamos sobre el modelado 3D de una iglesia y una pequeña estatua de madera usando fotogrametría y técnicas láser. En el caso del objeto arquitectónico, la fotogrametría restituyó un modelo 3D preciso, incluso debiendo medir algunos datos manualmente. Los procedimientos automatizados, que pueden extraer correctamente las formas del objeto, no son

²¹ Las juntas entre hiladas no son horizontales sino que ordenadamente se elevaban según se aproximaban al extremo del eje mayor. Además, al contrario de lo que es habitual en la práctica constructiva, los gallones no se disponen en planos meridionales.

²² Ambos casos han trabajado con resultados obtenidos mediante fotogrametría y con escáner láser.

del todo fiables y las mediciones manuales recuperan siempre mejores resultados (...). Por otro lado, el modelo 3D obtenido a partir del láser muestra que el uso de blancos naturales como puntos de control para la georeferenciación de modelos no garantiza una alta precisión, aunque se puede obtener una buena alineación de exploración. El error del resultado final viene afectado por diversos factores: Exactitud del escáner láser, buena respuesta de intensidad del haz de rayos láser reflejado, densidad de rejilla del conjunto de datos láser respecto a la resolución de la imagen digital, habilidad del operador durante la identificación de los puntos de verificación del modelo, disponibilidad de puntos bien señalizados, en la mayor medida de lo posible, en imágenes verticales.

Fabio Remondino, 2005. *3D Modeling of close-angle objects: Photogrammetry or Laser Scanning?*²³

No solo la literatura avala la idoneidad de los métodos fotogramétricos para el objeto de este trabajo, sino que la propia autora de la presente tesis doctoral ha realizado investigaciones al respecto. Durante su estancia en el Politécnico de Milán, concretamente en el grupo de investigación *3D Survey Group*, la autora procedió a la modelización de la cúpula del *Duomo* de esa misma ciudad mediante fotogrametría y escáner láser, llegando a óptimos resultados (la desviación media es de 3,46 mm y la desviación máxima 18,52 mm) que serán publicados en un trabajo que se encuentra actualmente en desarrollo, en colaboración con investigadores del grupo de trabajo anteriormente mencionado (fig. 2). Es importante destacar, no obstante, que todas estas cuestiones son siempre relativas. Según la naturaleza y las circunstancias del elemento objeto de estudio, Remondino (2005) destaca la precisión del escáner láser frente a fotogrametría, por lo que, como anteriormente apuntamos, es importante tener en cuenta todos los condicionantes para elegir el mejor sistema, no existiendo uno mejor que otro de forma absoluta. La fotogrametría es, por todo lo expuesto, un sistema preciso y riguroso, además de óptimo para la finalidad que nos ocupa en el presente trabajo, es decir, el análisis geométrico y estereométrico de piezas singulares de cantería.

²³ Traducción libre del original en Remondino, F., 2005. *Modeling of close-angle objects: Photogrammetry or Laser Scanning?*.

f1. Modelo alámbrico obtenido manualmente mediante fotogrametría.
Fabio Remondino (2005)

f2. Sector de la cúpula del Duomo de Milán. Superposición y comparación de nubes de puntos
obtenidas con fotogrametría y escáner láser.

Justificación e idoneidad del sistema

Para el levantamiento mediante fotogrametría multimagén, el instrumental necesario se reduce a un ordenador personal, una cámara fotográfica y una cinta métrica o equivalente. Gran parte de la importancia del trabajo de levantamiento reside en el programa informático utilizado. Algunos programas ofrecen, además, otras opciones como facetar las nube de puntos y texturizarlas lo que añade valor a lo fundamental, que es localizar las coordenadas de los puntos que configuran la superficie del elemento arquitectónico. Además, prácticamente en todos los programas existentes hoy en día, podemos optar por reconocer los puntos y orientar las imágenes de forma automática o manual, en función de si en un momento dado nos interesa obtener una nube de puntos densa que defina la totalidad de la superficie, o bien conocer puntos concretos escogidos previamente. Precisamente por esto último, la fotogrametría multimagén resulta ser una herramienta muy eficiente para estudiar piezas de cantería, como es el caso de este trabajo, pues permite determinar con facilidad las juntas entre sillares y de esta manera, conocer su forma y despiece, aspectos básicos para proceder el análisis geométrico y estereotómico.

Frente a otros medios de levantamiento, la fotogrametría multimagén ofrece no sólo un ahorro de tiempo y costes de transporte considerable, sino también la posibilidad de realizar tomas de datos durante desplazamientos ocasionales, y en lugares a los que no resulta posible transportar una estación total, y mucho menos, un escáner láser (Alonso Rodríguez y Calvo 2010). Basta con llevar una cámara de fotos estándar, de preferencia una digital réflex, y tomar una serie de imágenes que permiten medir un elemento constructivo, siempre que su morfología permita definirlo con puntos. Tomando una medida de longitud, que se puede obtener con un simple distanciómetro, se puede determinar la escala de la pieza. Con la mayor parte de las técnicas, la medición del edificio la vamos a realizar en la primera fase, y requerirá la elaboración de una serie de croquis o dibujos previos, sin escala, en los que iremos anotando las cotas o referencias dimensionales. Sin embargo, con la utilización de la técnica fotogramétrica, la mayor parte de la medición la realizamos también en el gabinete, quedando reducido el trabajo de campo a un proceso sencillo, pues se reduce casi completamente a la realización de croquis sencillos y toma de fotografías. Además, en comparación con otros métodos, la fotogrametría es una técnica no intrusiva en la que

no se produce contacto directo con el objeto arquitectónico, lo cual es especialmente importante cuando se trata de patrimonio histórico, en torno al cual existen normas estrictas por el bien de su correcta conservación.

Todas estas circunstancias son especialmente favorables para emplear técnicas fotogramétricas en la investigación desarrollada en el presente trabajo. En primer lugar, los elementos arquitectónicos objeto de estudio son piezas de cantería, principalmente bóvedas, que en la mayoría de casos se encuentran a gran altura o en lugares de difícil acceso a los que, sin embargo, es fácil llegar con el objetivo de una buena cámara. Además, en todos los casos nos encontramos ante edificios de gran relevancia, protegidos, y con un gran valor patrimonial y turístico, por lo que el trabajo de campo debe ser ejecutado de forma eficaz, rápida y lo más discreta posible, sin entorpecer el uso cotidiano del edificio²⁴ y evitando, además, que el trasiego de turistas o usuarios dificulten la toma de datos. A pesar de que en todos los casos se han obtenido los permisos pertinentes para llevar a cabo el trabajo en los edificios objeto de estudio, los distintos condicionantes anteriormente mencionados imposibilitan el empleo de equipos complejos, como la estación total o el escáner láser, durante un tiempo prolongado, por lo que la fotogrametría es, sin duda, el método idóneo, teniendo en cuenta, además, el gran número de piezas a estudiar en edificios como el palacio de Carlos V o la catedral.

En cualquier caso, para asegurar un levantamiento riguroso lo más preciso posible, y para reducir al máximo los posibles errores acumulados, el levantamiento fotogramétrico ha sido apoyado con medición topográfica obtenida con estación total, consistente en la obtención de coordenadas de puntos relevantes concretos en cada caso para una correcta medición y encaje global de la nube de puntos.

²⁴ En la catedral y en el monasterio de San Jerónimo se celebran a diario ceremonias religiosas, así como continuadas y numerosas visitas turísticas, especialmente en la catedral. En el palacio de Carlos V se organizan todo tipo de actividades culturales como exposiciones, conferencias o conciertos, a parte de las visitas diarias tanto al museo como al propio edificio. El edificio de la Chancillería está destinado en la actualidad a labores administrativas y judiciales, están prohibido el acceso a personal ajeno a las actividades que allí se desarrollan.

1.3.3. El proceso de levantamiento

Instrumental

En el proceso de levantamiento se ha empleado el siguiente instrumental:

- Un ordenador personal con procesador de doble núcleo a 1,86 GHz, memoria RAM de 3,00 GB, y otro ordenador con procesador de ocho núcleos a 3,6 GHz, memoria RAM de 32 GB; ambos con los programas informáticos PhotoModeler Scanner 7.0, PhptoScan, Rhinoceros 5.0 y Autocad 2013 instalados.
- Una cámara fotográfica digital tipo réflex, modelo Canon EOS 600D, con objetivos modelo Canon EF-S 18-55 IS y Canon EF-S 55-250 IS.
- Una cámara fotográfica digital EOS 5D Mark III, con objetivos Zeiss 21 mm, Canon EF 50 mm, EF 85 mm, EF 70-200mm IS y EF 24-70 mm.
- Trípode HAMA PHOTO Star 61.
- Trípode Manfrotto 055XPROB con rótula 804 RC2.
- Estación total LEICA Flex Line TS2 dotada de distanciómetro láser, con una precisión nominal para mediciones sin prisma a 30m de $2\text{mm} \pm 2 \text{ ppm}$.
- Una cinta métrica de fibra de vidrio con alcance 30 m, flexómetro en aluminio con alcance 10 m y distanciómetro láser BD21 con sensor de inclinación de 90° integrado y alcance hasta 70 m.

Proceso

El proceso de levantamiento llevado a cabo mediante fotogrametría multimagén se resume en las siguientes fases: tareas previas, trabajo de campo, trabajo con Photomodeler y trabajo con programas CAD.

- Fase 1: Tareas previas

El trabajo comienza con la calibración de la cámara digital, tarea que ha sido detallada anteriormente. La cámara se ha ajustado en modo semiautomático AV con prioridad a la abertura, siendo ésta de f/8, mientras que la distancia focal del

objetivo se ha fijado en 18 mm, con el enfoque en modo manual establecido al infinito. Puesto que es precisa una buena definición, y al encontrarnos en algunos edificios espacios con escasa luz, se ha procurado ajustar la ISO de manera que la velocidad de obturación en tomas sin trípode fuera como mínimo de 1/60 s, y preferiblemente de 1/100 s o superior ya que con una velocidad de 1/60 s o menor se reduce considerablemente la nitidez de las fotografías, reduciendo a su vez la calidad del levantamiento. En cualquier caso, la ISO nunca ha sido superior a 400, pues con valores superiores aparecía excesivo grano, aunque cabe indicar que la existencia de más o menos grano en las fotografías no importa demasiado siempre y cuando se identifiquen claramente los puntos a levantar.

Además de la preparación de la cámara, se ha planificado la posterior toma de datos rigurosamente, para poder llevarla a cabo de forma ordenada y organizada. Se han visitado previamente los edificios para su inspección ocular y la toma de fotografías generales y de detalle. Posteriormente estos han sido estudiados a través de dichas imágenes, así como de planimetrías y documentación gráfica existente que ha ayudado a elaborar un plan de accesibilidad para la localización de las estaciones y la toma de fotografías, así como el estudio de los posibles datos métricos a tomar de forma directa.

- Fase 2: Trabajo de campo

Ha consistido en la toma de fotografías de las diferentes piezas a estudiar, la medición de algunas de sus dimensiones, y la toma de coordenadas de puntos determinados mediante estación total. Las fotografías convergentes para su posterior procesado se han realizado con la cámara calibrada según los parámetros anteriormente descritos. En todos los casos se han tomado fotografías por exceso, para elegir y emplear después las más adecuadas. Además, se han dibujado diferentes croquis parciales y esquemas de las plantas sobre las planimetrías preparadas en las tareas previas, tomando aquellas cotas más relevantes para el escalado y la comprobación métrica, tanto a nivel de detalle, como medidas más generales. Pese a poder trabajar con una precisión de milímetros, las irregularidades superficiales de la piedra propician que las medidas se hayan aproximado a centímetros. Por último, se ha procedido a la localización de puntos concretos mediante estación total, seleccionado para ello un mínimo de tres de los puntos más representativos de cada una de las piezas, evitando puntos alineados o coplanarios. A lo largo de todas las visitas se han tomado 1300

fotografías, y 80 puntos han sido localizados mediante estación total. Toda la documentación obtenida en esta fase se puede consultar en el anexo final de este trabajo.

- Fase 3: Trabajo de procesado en gabinete

Para el trabajo fotogramétrico del levantamiento se ha recurrido al programa PhotoModeler 7.0, realizando algunas comprobaciones con el programa Agisoft PhotoScan Professional. Tras procesar las fotografías según el proceso de detección de puntos y orientación anteriormente descrito, el resultado obtenido es una nube de puntos concretos que representan el despiezo de intradós de cada una de las piezas analizadas. Según la complejidad, tamaño y geometría de la pieza ha sido preciso el empleo de más o menos fotografías, y se han detectado más o menos puntos de su superficie en función de su despiezo y reparto de dovelaje. En total se han tomado 2.504 imágenes, de las cuales se han seleccionado las fotografías convergentes más indicadas en cada caso para el proceso fotogramétrico de levantamiento. El número de fotografías tomadas en cada caso oscila entre 10 para la puerta del palacio de los Condes de Castillejo, y 124 para la bóveda anular del palacio de Carlos V. El procesado de dichas fotografías mediante los programas específicos anteriormente descritos ha generado un total de 13.593 puntos, distribuidos en 20 nubes de puntos correspondientes a las distintas piezas objeto de estudio de este trabajo (fig. 3).

Durante el proceso, PhotoModeler informa del error cometido para cada uno de los puntos homólogos, si bien este error es impreciso hasta que no se procede al escalado del modelo, adquiriendo sus dimensiones reales. Por tanto, para conocer el error máximo, es preciso introducir las medidas o las coordenadas tomadas durante el trabajo de campo. En este trabajo, tras realizar todos los levantamientos, los puntos con mayor error presentan una desviación máxima en torno a los 10 mm. Tratándose de un levantamiento de piezas de cantería, donde el espesor medio de las juntas suele ser de 2 cm aproximadamente, se puede afirmar que el error no es relevante para nuestros propósitos, puesto que no afecta a la finalidad del levantamiento. En cualquier caso, y dado que tenemos los puntos tomados con estación total, podemos igualmente escalar y orientar la nube de puntos en fases posteriores, mediante programas CAD. En esta fase de levantamiento no existe ningún tipo de interpretación, especialmente en el modo de orientación automático.

Los datos se muestran tal cual se obtienen directamente del proceso fotogramétrico, para ser interpretados a continuación.

- Fase 4: Programas CAD en gabinete

PhotoModeler permite dibujar líneas uniendo los puntos, convirtiendo la nube de puntos en un modelo de puntos y rectas que podemos denominar como modelo alámbrico. A pesar de que se puede elaborar el modelo alámbrico directamente en PhotoModeler, los programas CAD ofrecen muchas y mejores prestaciones para llevar a cabo la labor interpretativa del dibujo. Una vez tenemos la nube de puntos disponible en CAD, podemos ajustarla mediante operaciones espaciales a los puntos obtenidos topográficamente. Para el trabajo en 3D, Rhinoceros 5.0 es la mejor herramienta dado el gran abanico de opciones que ofrece. Una vez configurada definitivamente la nube de puntos, comienza el trabajo de interpretación de los datos, consistente en la fase de dibujo y elaboración de una representación más acorde con las convenciones usuales del dibujo arquitectónico. En primer lugar se debe remarcar que la información obtenida mediante PhotoModeler es, única y exclusivamente, la nube de puntos. Mediante Rhinoceros y AutoCad no sólo se interpretará la geometría de la pieza, sino que se tratará la representación del objeto según la valoración de los elementos, según sean, por ejemplo, juntas, lechos, aristas o mera decoración, haciendo destacar los que son relevantes para la información que pretendemos analizar. Si optamos por la orientación automática de las fotografías para la obtención de una nube densa y facetada de puntos, debemos recurrir a la interpretación de las distintas secciones de la misma para elaboración de dibujos legibles. En el caso de la orientación manual de las fotografías en la fase de procesado, tenemos una nube de puntos concretos que definen la geometría que nos interesa obtener, por lo que únicamente debemos interpretar esos puntos como guías para elaborar el modelo y la planimetría (fig. 4).

f3. Proceso de obtención de puntos con Photomodeler Scanner.

f4. Proceso de modelado con Rhinoceros 5.0

Resultados

Como resultado de esta fase de trabajo se presenta una documentación gráfica consistente en una serie de planos, alzados, secciones, modelos tridimensionales o perspectivas que muestran las características espaciales de los distintos elementos arquitectónicos, su configuración formal y dimensional, así como toda aquella información gráfica relevante para su comprensión.

Como veremos en capítulos posteriores de forma justificada, son 20 las piezas representadas y analizadas en total, que han dado lugar a una colección de 35 planos consistentes en 23 plantas, 10 alzados, 38 secciones y una perspectiva militar, eligiéndose en cada caso el sistema de representación más adecuado, con el objetivo de mostrar la mayor información y de la forma más clara posible para cada pieza. Toda la documentación mencionada puede consultarse en el anexo de planos:

- P1. San Jerónimo. Planta general
- P2. San Jerónimo. Sección1.
- P3. San Jerónimo. Sección2.
- P4. San Jerónimo. Crucero: planta
- P5. San Jerónimo. Crucero: secciones
- P6. San Jerónimo. Cabecera: planta
- P7. San Jerónimo. Cabecera: secciones
- P8. San Jerónimo. Bóvedas cilíndricas: planta
- P9. San Jerónimo. Bóvedas cilíndricas: secciones
- P10. Catedral. Planta general
- P11. Catedral. Capillas radiales: planta
- P12. Catedral. Capillas radiales: secciones
- P13. Catedral. Capillas sacristía: planta
- P14. Catedral. Capillas sacristía: secciones
- P15. Catedral. Pasos abocinados centrales: planta
- P16. Catedral. Pasos abovedados centrales: secciones

- P17. Catedral. Pasos abocinados extremos: planta
- P18. Catedral. Pasos abocinados extremos: secciones
- P19. Catedral. Bóvedas de la girola: planta
- P20. Catedral. Bóvedas de la girola: sección
- P21. Catedral. Arco toral.
- P22. Catedral. Cúpula central: planta
- P23. Catedral. Cúpula central: secciones
- P24. Palacio de Carlos V. Cripta: general
- P25. Palacio de Carlos V. Cripta: detalle sector
- P26. Palacio de Carlos V. Cripta: patio
- P27. Palacio de Carlos V. Zaguán occidental
- P28. Palacio de Carlos V. Zaguán meridional
- P29. Palacio de Carlos V. Sala junto a la cripta
- P30. Palacio de Carlos V. Capialzado central de acceso al patio
- P31. Palacio de Carlos V. Capialzado esviado de acceso al patio
- P32. Palacio de Carlos V. Zaguán oriental
- P33. Edificio de la Real Chancillería. Escalera: planta y secciones
- P34. Edificio de la Real Chancillería. Escalera: perspectiva militar
- P35. Palacio de los Condes de Castillejo. Portada

II. Granada en el contexto de la cantería renacentista hispanica

2.1. El Renacimiento en Granada

«Desde los más antiguos geógrafos, historiadores y viajeros árabes, comienzan a divulgarse por el mundo la historia y las bellezas de Granada, cuyo solo nombre atrae hasta ella gentes de las más lejanas tierras. Aún era Granada musulmana, y no sólo los árabes sino también aquellos cristianos que, acompañando ejércitos o embajadas, recorrían España, todos nos hablan de lo privilegiado de su situación y de sus extraordinarios encantos (...) Visitar Granada significa, por tanto (...) asistir a los albores del Renacimiento español, que en la misma Granada lanza sus primeros balbuceos»

Antonio Gallego y Burín, 1982. *Granada: Guía Artística e Histórica de la ciudad.*

2.1.1. Contexto histórico, político y social

El reinado de los Reyes Católicos, Isabel I de Castilla y Fernando II de Aragón, supone uno de los periodos más decisivos de la historia de España. Con su matrimonio se consigue, en primer lugar, la unificación de las dos monarquías. Esta unión supone el final de las distintas guerras civiles que habían assolado el país y se restaura el orden y el buen gobierno mediante la autoridad del poder monárquico, fundando los cimientos del nuevo estado español. Es decir, conducen al país a un estado moderno al igual que sus contemporáneos los reyes de Francia e Inglaterra.

Una vez establecido el equilibrio político y económico, el siguiente objetivo sería la conquista de Granada, último territorio musulmán de la Península, lo cual tendría lugar en 1492. Este mismo año Cristóbal Colón, patrocinado por los monarcas, descubre un nuevo continente que traerá consigo muchas posibilidades económicas y mercantiles, favoreciendo el crecimiento del país. Todas estas cuestiones, en especial las dos últimas, suponen el final de la era medieval dando comienzo a una nueva etapa. Castilla crecía como centro político estableciendo relaciones con el norte de Europa, mientras que Aragón manejaba el Mediterráneo e Italia. Esta nueva política basada en las estrategias internacionales quedará sellada con los matrimonios de sus hijos con las casas de Portugal, Inglaterra y Flandes, dando lugar esta última a la introducción de la casa de Habsburgo en España en la figura de su nieto, Carlos I de España, más conocido como Carlos V.

La historia de Granada se reinicia el 2 de enero de 1492, fecha en que los Reyes Católicos toman posesión de la ciudad. Los Reyes Católicos, orgullosos de la hazaña realizada, y enamorados de la ciudad, centraron sus esfuerzos en ennoblecirla, colmándola de honores y convirtiéndola cada vez más en una ciudad cristiana en todos los sentidos. A partir de este momento se inicia un periodo de transformación que dará lugar a cambios en todos los aspectos de la ciudad que se sucederán a una velocidad vertiginosa.

Por un lado el pueblo, que era mayoritariamente morisco, fue repatriado por otras comarcas interiores de España, mientras que la nobleza mora se retiró a territorios del norte de África, principalmente a Fez. A pesar de ello aumentó la población, puesto

que al quedar despoblado el territorio granadino, éste fue ocupado por castellanos procedentes de otros puntos de Castilla, de manera que llegaron a superar en número a los moriscos que quedaron en territorios granadinos (Gómez-Moreno 1892, p. 19). La población se fue extendiendo más allá de las murallas creando y ocupando nuevos núcleos rurales. Así fue surgiendo, en el s. XVI, una Granada nueva. En la capital, los moriscos que aún quedaban se agruparon en torno a los núcleos de la Alhambra y el Albaicín, mientras que los nuevos ocupantes de la ciudad iniciaron la transformación y ampliación de ésta en la llanura. Se iniciaba una nueva etapa para la historia arquitectónica de la ciudad basada, no ya en el trabajo de maestros que dirigen a mano de obra mora dedicada a trabajos de carpintería, albañilería o yesería, sino en la labor de arquitectos y canteros (Alonso Ruiz 2006, p. 340). Se derribaron miradores y celosías, se ensancharon las calles y se planearon nuevas plazas como las de Bibarrambla, el Campo del Príncipe, Plaza Nueva, etc. Se construyeron nuevos edificios y se rehabilitaron aquellos que habían quedado abandonados tras la huida de sus propietarios, o que habían sido cedidos a personajes destacados por los Reyes Católicos (Gallego y Burín 1982, p. 52). De esta manera, al transformar la ciudad existente, fue surgiendo una nueva cuya apariencia cristiana iba sustituyendo el tono oriental que la caracterizaba (fig. 5). En los alminares de las mezquitas se situaron los campanarios de las iglesias cristianas, dibujándose así un nuevo perfil de la ciudad. Además, se crearon colegios e instituciones educativas cuyo principal fin era educar a los moriscos y divulgar el cristianismo, lo cual supuso el germen de la Universidad que sería fundada por Carlos V en el año 1526 durante su visita a la ciudad. En la primera mitad del siglo se fueron levantando los edificios más significativos e importantes desde el punto de vista simbólico e institucional siguiendo una escala establecida donde convivían los rasgos visibles del último gótico, del primer Renacimiento y las remanencias mudéjares. Mientras que en los núcleos periféricos se insertaron los nuevos centros ideológicos como los ayuntamientos, iglesias, pósitos, hospitales, etc., en las poblaciones más importantes aparecieron conventos y catedrales. En Granada capital surge así la catedral, el nuevo palacio, la Chancillería y capitanía general de la Alhambra. Las modificaciones en la medina nazarí tenderán a cambiar su perfil musulmán estableciendo construcciones puntuales que rompen el diseño primitivo del entorno. El entramado que conforma la zona comercial, con los centros religiosos y culturales, va a ser modificado con las instalaciones de los organismos propios de la ciudad cristiana, desde el Cabildo hasta la Lonja pasando por la Capilla Real, elementos que van a sustituir a los más representativos de la cultura anterior. A mayor

escala irrumpen en la ciudad la catedral y la Chancillería, sistemándose de forma paralela espacios como las plazas de Bibarambla, la plaza Nueva y la plaza de la Chancillería. Si bien se regularizan los trazados de algunas calles, algunos espacios importantes se van a respetar, como la Alcaicería. En cualquier caso, las mayores transformaciones se producirán en la ciudad baja, eliminando las murallas y ampliando la ciudad hasta la Vega (Lopez Guzmán 1987, p. 74) (fig. 6).

Por tanto, cuando finaliza el siglo XV los Reyes Católicos habían conseguido la unidad nacional, configurando así uno de los Estados de Europa más potentes. Tras la muerte de Isabel, y a pesar de la gran crisis dinástica a la que se enfrentaba el país, la situación española se encontraba en uno de sus mejores momentos. Los Reyes Católicos no lograron la tan anhelada continuidad dinástica, pero habían dejado el país en una espléndida situación política, social, económica y cultural. Habían reunificado los reinos cristianos, reconquistando en Reino de Granada y expulsando de él a los últimos musulmanes que quedaban. Habían logrado la pacificación del país, frenando el desmesurado poder del que sobradamente había gozado la nobleza durante el Medievo y potenciando así la autoridad real. Habían saneado la economía y el comercio al tiempo que mostraron su poder como nación en Italia con las conquistas de Don Gonzalo Fernández de Córdoba, el Gran Capitán. Además, gracias a su intuición, habían protegido y patrocinado al navegante y aventurero Cristóbal Colón en su empresa de descubrir nuevas rutas a las Indias, descubriendo así nuevos mundos que añadieron a la corona de Castilla. Por último, habían protegido las artes, la arquitectura y la cultura, dando un gran impulso a ciencias y el conocimiento gracias al nacimiento de la imprenta. Por tanto, cuando Carlos V empezó a reinar en 1517, la situación del país no podía ser más favorable, encontrándose, de hecho en lo que los historiadores consideran el mejor momento de su historia (Chueca, 1999, p. 190).

La exitosa campaña de los Reyes Católicos en Italia favoreció la toma de contacto con las nuevas tendencias que allí se fraguaban. Una corriente humanista basada en el resurgimiento de las formas clásicas romanas, totalmente contraria a la espontaneidad de la cultura y tradición castellana. El proceso de aparición del Renacimiento en la tradición gótica castellana se culminará con el acceso de Carlos V, primero a la corona de España y después al trono imperial (Checa 1992). Esto se debe, además de a la natural evolución artística, a la preocupación del propio emperador y la élite cultural de su corte por crear una imagen propia, simbólica, que exteriorice la grandeza política del personaje y su imperio.

f5. Plataforma de Granada por Ambrosio de Vico, Maestro mayor de la catedral de Granada. (1613 - 1614). Archivo del Patronato de la Alhambra.

f6. Plano de la ciudad de Granada por Dalmau 1796. *Guía de Granada* (Gallego y Burín 1982)

Esto llevó al rey Carlos a interesarse por todas las manifestaciones artísticas, convirtiéndose en promotor de diversas construcciones significativas, no sólo en Granada, sino en toda Castilla, como también ocurriría en Francia de forma paralela con el rey Francisco I (López Guzmán 1987, p. 24). Granada, en concreto, se encontraba inmersa en una gran actividad artística y constructiva. La continua transformación del urbanismo y la imagen de la ciudad, y la construcción de edificios tan significativos como la Capilla Real, el monasterio de San Jerónimo o la catedral, hicieron de Granada el centro de atracción de una gran cantidad de artistas extranjeros y españoles. Es más, al trasladarse aquí con su séquito, Carlos V fijó su residencia en la Alhambra pensando hacer de ella asiento de su Corte y situar en la ciudad el panteón familiar, al tiempo que ordenó construir en los jardines de la Alhambra el palacio que lleva su nombre. Esto propició que personajes de todo el mundo visitaran Granada por primera vez, bien por asuntos relativos a la diplomacia, o bien por la curiosidad suscitada ante el repentino protagonismo que adquirió la ciudad durante esos años. Podemos decir, por tanto, que si bien los Reyes Católicos devolvieron Granada al Reino de Castilla, su nieto Carlos V situó la ciudad en el mapa y en el panorama internacional, le dio visibilidad y la mostró al resto de Europa, para la que hasta entonces era prácticamente desconocida.

Esta situación se traduce en la realización de obras artísticas y culturales promovidas no solo por la Corona, sino por ciertos círculos de la nobleza económicamente bien consolidados que se convierten en mecenas y patrocinadores de arte, destacando especialmente la familia Mendoza. En torno a la baja aristocracia, los hidalgos, también mostrarán interés en el terreno artístico, principalmente para hacer resaltar su posición, a través de la importación de obras de arte y la construcción de escudos y capillas funerarias. Existe entre la población un entusiasmo general en torno a la arquitectura, que se reflejará en la renovación de iglesias y la construcción de nuevos edificios y obras públicas, fruto de la nueva situación de estabilidad y prosperidad. Se trata de un periodo de transición entre dos épocas, de un lado un pasado basado en ideales medievales, y de otro la introducción de nuevas formas de vivir y pensar basado en el humanismo, en el culto a las letras y las ciencias como reafirmación del individuo (De la Morena 1999, p. 56). Esta diversidad se completa en Granada con la cultura musulmana y su estilo mudéjar, que convive con el cristianismo dando lugar a una complejidad cultural que sin duda se refleja en el campo artístico. Algunos autores,

como Aurea de la Morena (1999, p. 59) relacionan la estética de los palacios granadinos con las ideas del gótico, por sus motivos fantásticos y ornamentales.

Al tiempo que la Reconquista luchaban dos contrapuestas tendencias: la antigua cultura castellana y el Renacimiento de Italia, que nosotros fuimos los primeros en imitar (...) El Palacio del Emperador sería contado en Italia entre los más bellos del Renacimiento, aquí fue planta exótica (...) En nuestra Catedral y en la iglesia de San Jerónimo, magníficos edificios levantados por Siloe, principal seguidor de este rumbo, hallamos que la esencia de su arquitectura es ojival, aunque encubierta por formas romanas.

Manuel Gómez-Moreno y González, 1892. *Guía de Granada*.

A mediados del siglo XVI, concretamente en la década de 1550-60, Granada y su provincia se encuentran en su mejor momento. Las obras del palacio Imperial en la Alhambra y de la Chancillería avanzan a buen ritmo, y en San Jerónimo y en la catedral se ha terminado la capilla mayor, esta última proyectada como futuro panteón de la corona. Por otro lado, los núcleos urbanos fuera de la ciudad se habían ya consolidado como tales, con sus instituciones y edificios representativos. En cuestiones artísticas, se había adquirido un lenguaje propio que parecía pronosticar un futuro bastante esperanzador. Sin embargo, la llegada del nuevo rey Felipe II trajo consigo un cambio en la política nacional, abandonando el proyecto de Granada como símbolo y centro administrativo de referencia, situación que vino a empeorar con la revolución morisca en 1568, que puso de manifiesto los evidentes problemas sociales de convivencia en el reino granadino. Además, en el ámbito artístico, Machuca fallece en 1550 y Siloe en 1563, lo cual es un dato trascendente si tenemos en cuenta la gran influencia y el papel protagonista que tuvo sobretodo este último en la definición del Renacimiento, no solo en Granada, sino en toda Andalucía, de manera que los maestros granadinos quedaron más abiertos a las influencias de las otras regiones. Granada pasó por tanto, de ser referente en el panorama político, económico y artístico, a ir a remolque del resto de Castilla interpretando las tendencias nacionales, y perdiendo el protagonismo del que había gozado durante la primera mitad del siglo XVI. Si durante este tiempo Granada había atraído a todo tipo de artistas y eruditos, estos fueron abandonando la ciudad gradualmente, buscando en otros lugares las posibilidades artísticas y económicas que allí ya no iban a encontrar. Esta situación se dejará notar en la arquitectura granadina, quedando temporalmente paralizadas las obras del palacio y la catedral. No obstante, continuaron las reconstrucciones de algunas de las iglesias de los

núcleos rurales, como las Alpujarras y la Vega, concluyéndose las obras iniciadas por las distintas órdenes religiosas, por lo que no podemos considerar este periodo como de nula actividad constructiva. En cualquier caso, el bajo nivel de actividad no supone una carencia de conocimientos o un bajo nivel de preparación por parte de los arquitectos a la hora de abordar la proyección y ejecución de obras importantes. En la capital, por ejemplo, la construcción de la fachada de la Chancillería o el retablo de San Jerónimo son claros ejemplos de que no es un problema de capacidad artística, sino más bien de cuestiones económicas, a pesar de que, tras la muerte de Siloé y Machuca el nivel pueda considerarse inferior.

Por tanto, y en palabras de José Manuel Gómez-Moreno Calera, la década de 1560-70 representa la crisis más violenta y radical que ha sufrido en su historia Granada y su provincia. De la situación excepcional en los aspectos económicos, políticos y artísticos, se pasó a una gran depresión cultural y artística hasta mediados del siglo XVII, cuando la llegada de Alonso Cano supuso un nuevo desarrollo en la arquitectura, el arte, y el urbanismo y la imagen de la ciudad (Gómez-Moreno Calera 1989b, p. 9).

2.1.2. Evolución arquitectónica

En cuanto a los ciclos artísticos, podemos distinguir dos periodos prácticamente entrelazados entre sí. El primero correspondiente a los Reyes católicos, que podemos definir como tardogótico. El segundo período, el de Carlos V, correspondiente al Renacimiento en sus dos vertientes, como veremos a continuación.

Durante el reinado de los Reyes Católicos Castilla bebió de las fuentes del resto de Europa, donde el gótico flamígero se encontraba en su máximo apogeo. En Inglaterra, Francia y los países germánicos se desarrolla un estilo basado en la curva, en los juegos decorativos con motivos vegetales y fauna fantástica, bóvedas enriquecidas con nervios, terceletes y ligazones dando un énfasis ornamental a elementos que, en principio, eran meramente estructurales. Algunos maestros alemanes y flamencos vinieron a Castilla, donde desplegaron sus conocimientos divulgando este estilo propio de tracerías y complejas formas decorativas. Un ejemplo es Hans de Colonia, que llega a Burgos hacia 1440, o Anequín de Bruselas, que al mando de un grupo de escultores flamencos llega a Toledo en 1445 (Chueca 2000). Dado el entusiasmo y patriotismo despertado en la ciudadanía tras los últimos acontecimientos, pronto se hispanizó este estilo extranjero, adaptándose a lo que algunos autores han denominado como “estilo isabelino” (Chueca 1953, 1999, 2000; López Guzmán 1987; Marías 1984, 1989, 1992b, 2008), un “gótico florido” excesivamente ornamental. En este ambiente se gestaría la aparición del renacimiento popular o “plateresco”, del que más adelante hablaremos.

Por tanto, el Renacimiento español se encuentra en relación dialéctica con el Gótico, en parte por el fuerte arraigo de la tradición arquitectónica medieval en Castilla al gusto de los Reyes Católicos. Esta relación va a ser una constante en el reinado de Carlos V, lo cual no resulta problemático, puesto que este proceso no será más que una pugna del cambio en los gustos artísticos basado en la selección de valores que la España del siglo XVI va a hacer con respecto al nuevo estilo. Italia es el país en el que el Renacimiento nace, se desarrolla y entra en crisis, por lo que las diferentes naciones europeas se enfrentarán a él desde diferentes posturas y con distintas perspectivas, siendo el caso español uno de los más significativos (Rosenthal 1978).

Mientras que el gótico isabelino seguía los gustos populares, la nueva tendencia renacentista surgía al gusto de un sector minoritario de la población culto y poderoso. En este selecto sector se encuentra la familia de los Mendoza, fieles siempre a las causas de los Reyes Católicos y por ello muy bien posicionados en torno a la corona, que actuaron en Castilla de forma similar a los Médicis en Florencia, patrocinando y promocionando el arte en todas sus expresiones.

Fueron los Mendoza quienes por primera vez se atrevieron a introducir esta nueva tendencia en Castilla. Concretamente en el Colegio de Santa Cruz de Valladolid, fundación del Cardenal Mendoza y cuyo comitente sería Pedro González de Mendoza, donde se decidió agregar una portada que seguía el estilo toscano (fig. 7). Igualmente en la iglesia del monasterio de San Antonio de Mondéjar, fundación del Conde de Tendilla y Marqués de Mondéjar Íñigo López de Mendoza, y el palacio de Cogolludo, que del primer duque de Medinaceli, siguieron al Colegio de Santa Cruz (fig. 8). Estos tres edificios, datados entre 1487 y 1500, podrían ser los primeros pasos de la arquitectura renacentista en España (Nieto et al. 1989; Marías 1983, 1989, 1992b, 1998b, Chueca 1999, De la Morena 1999). Dada la inexperiencia en este nuevo campo, no podemos catalogar estas obras como plenamente renacentistas, puesto que de alguna manera seguían ese estilo tan propio y particular de la península basado en el exceso de ornamento. Sin embargo, si mencionamos a los Mendoza como impulsores del Renacimiento en Andalucía, debemos citar el Castillo de Calahorra en la provincia de Granada, impulsado por Rodrigo Díaz de Vivar y Mendoza, que favoreció la llegada a la región de artistas italianos, así como mármoles y piezas traídas desde Génova, que al ser importados no contenían influencias góticas o mudéjares (Zalama 1990) (fig. 9). En esta construcción es de gran interés, por tanto, observar la yuxtaposición de las distintas estéticas góticas, formas y técnicas mudéjares como las yeserías y las armaduras de madera, y al mismo tiempo la aparición de formas del Renacimiento italiano, como los lunetos apuntados (Lampérez 1914, Marías 1990, Wilkinson 1985, Zalama 1990, Salcedo y Calvo 2015). De hecho, Elías Tormo señala a Íñigo López de Mendoza como el principal introductor del Renacimiento en España (Tormo 1917, p. 51), lo cual es especialmente relevante si tenemos en cuenta su papel protagonista en la evolución arquitectónica de Granada, como más adelante comprobaremos.

En este contexto de auge económico, se extendería entre la nueva nobleza como práctica habitual la importación de obras de arte para ratificar su situación privilegiada en la sociedad castellana. Esta nobleza castellana conoce bien Italia, principalmente

por las contiendas bélicas, los asuntos diplomáticos o las relaciones comerciales existentes entre ambos países. Aunque la revolución cultural renacentista se produce principalmente en Florencia, aparece Génova como foco de nuevas creaciones artísticas aptas para su importación, probablemente por su cercanía a la cantera de Carrara y su actividad comercial y económica. Por otro lado, en la península ibérica, sería Andalucía el principal foco receptor de estas obras italianas, debido a su reciente enriquecimiento por el comercio con las Indias y el asiento de una nobleza muy solvente tras la reconquista de Granada. Estas obras importadas serían principalmente sepulcros y elementos arquitectónicos (López Guzmán 1987, p. 28).

Este mestizaje de culturas propias e importadas siguió dos tendencias diferentes. Por un lado, la primera, de gusto popular, siguiendo la tradición del gótico isabelino, que supone el predominio de lo ornamental sobre lo estructural, de lo superficial sobre la entraña constructiva, que podría ser obra de escultores más que de arquitectos. Esta tendencia goza de una cierta arbitrariedad ante la ausencia de normas de unidad y armonía, puesto que no sigue un orden racional ni en cuestiones estéticas ni estructuralmente. A pesar de parecer ilógico, posee una fuerza y expresividad tales que lo convierten en un estilo incomparable con ninguna otra manifestación artística en la Europa contemporánea. Sin embargo, no aporta ninguna novedad técnica con respecto al gótico medieval, ni ninguna innovación constructiva del Renacimiento. Este estilo, calificado por algunos autores como “estilo plateresco” (Chueca 1953, 1999; López Otero 1958; Rodríguez- Gutiérrez 1962; Marías 1984, 1989, 1992b; De la Morena 1999), se presenta, ante todo, como calificativo de una corriente artística versátil y falta de unidad en los criterios artísticos. De hecho, algunos autores como Marías (1984, 1989, 1992b) llegan a descartar la existencia de una “arquitectura plateresca” como tal, puesto que, a su criterio, el plateresco solo debe relacionarse con un estilo decorativo que, como hemos indicado anteriormente, se basa fundamentalmente en el ornato sin entrar en cuestiones arquitectónicas (fig. 10).

Contraria al popular estilo ornamental, surge una segunda tendencia como una corriente más refinada, alimentada por aquel sector cultivado de la nobleza, que supone la manifestación castellana del auténtico Renacimiento importado de Italia, y que alcanzaría su máxima expresión a mediados del siglo XVI. Esta tendencia entiende la arquitectura como el abandono de la vertiente decorativa confiando en un lenguaje estructural independiente y válido en sí mismo, recuperándose, por tanto, el clasicismo en sentido estricto.

f7. Colegio Mayor Santa Cruz. Valladolid

f8. Palacio de los Duques de Medinaceli. Cogolludo.

f9. Castillo de la Calahorra

f10. Universidad de Salamanca.

Es decir, orden, unidad, expresión del contenido, axialidad y organización espacial (Ampliato 1996). En esta dirección se dirigirían todas las teorías y aportaciones de los nuevos arquitectos, que igualmente aportarían un estilo propio y personal alterando los cánones establecidos en lo que podemos considerar interpretaciones propias e intencionadas de los mismos. En general, podemos hablar de una sistematización y codificación propias del repertorio clásico gracias a la divulgación de los grandes tratados italianos, en los cuales profundizaremos más adelante.

Ambas tendencias se desarrollarán en Castilla, y concretamente en Granada, a lo largo del siglo XVI de forma paralela e independiente, quedando el primer estilo, más arbitrario, aparcado en la primera mitad del siglo XVI, mientras que el segundo y más ordenado, considerado como un Renacimiento más puro y clasicista, perdurará aún durante el reinado de Felipe II adquiriendo su máxima expresión en el monasterio del Escorial (Chueca 1999, p. 190). De hecho, algunos autores, como Chueca (1953, 2000), consideran la escuela escorialense como la auténtica impulsora del Renacimiento en España, relegando al foco andaluz un papel secundario donde la expresión artística renacentista queda reducida al plateresco derivado del gótico isabelino, por lo que no se puede considerar auténtico Renacimiento. Sin embargo, existe otra corriente de pensamiento apoyada por algunos otros estudiosos como Morales o López-Guzmán²⁵, quienes destacan el foco andaluz y especialmente la ciudad de Granada, como un núcleo de vital importancia en la importación de las tendencias clásicas y del nuevo estilo “a lo romano”, dada la situación política de la ciudad a principios del siglo XVI y su protagonismo durante el reinado de Carlos V.

El impulso generado en Granada en el ámbito artístico, político y social durante el siglo XVI se traducirá en la transformación de la ciudad, adaptando el urbanismo musulmán a un entramado de tradición cristiana. El nuevo poder basará en la construcción de edificios la creación de una nueva imagen que represente la doctrina de la Corona, lo cual hace de este periodo uno de los más interesantes en la práctica constructiva de la historia de Granada, no solo por su gran actividad y proliferación de obras nuevas, sino por la peculiaridad de sus métodos y resultados. En la capital granadina van a desarrollarse los tres estilos con un fuerte mestizaje de elementos y técnicas de forma

²⁵ Alfredo J. Morales (1981, 1984, 1985, 1989, 1991, 1992, 1996), o Rafael López Guzmán (1984, 1987, 1992a, 1992b, 2001, 2006).

más contundente que en el resto de la península. En general, la tradición artesanal se hará protagonista dando lugar a creaciones artísticas y arquitectónicas entre el gótico, el renacimiento y el arte mudéjar, que según el nivel de prestigio y la dotación económica tendrán mayor o menor porcentaje de unos u otros. Sin embargo, existen en Granada notables excepciones cuyo diseño se origina en un programa de pureza arquitectónica, rechazando cualquier vestigio del pasado, como son el palacio de Carlos V, la Chancillería, y algunas partes de la catedral (López Guzmán 1987, p. 13; Chueca 2000). Lo cierto es que en Granada se rompe muy pronto la tradición tardogótica, acentuándose una clara intención de modernidad y ejerciendo una gran influencia en otras zonas cercanas como Jaén y Málaga.

Granada también es otra de las ciudades que, sin desdecirse de su pasado musulmán, se despiertan, entrado el siglo XVI, a las novedades del renacimiento de la mano de los Reyes Católicos y sobre todo de Carlos V

Fernando Chueca Goitía, 1999. *El plateresco en la época de Carlos V.*

Ante la difícil convivencia de unos cristianos que, sabiéndose vencedores, no hacían fácil la vida a los “nuevos cristianos” de origen musulmán, y unos musulmanes que intentaban a toda costa mantener sus usos y costumbres, los Reyes Católicos trataron de abolir en Granada cualquier tipo de manifestación árabe y convertir la nueva ciudad en un entorno más al estilo Castellano, esto es, en una urbe gótica. Este nuevo espacio gótico vendrá marcado por la aparición de organismos aislados que definirán el entorno ciudadano mediante un programa de construcciones que si bien no rompe radicalmente con el entramado nazarí, sí destaca por sus proporciones y estética formal. Por ejemplo, la fundación de la Capilla Real será una de las primeras construcciones con más trascendencia política y artística en la ciudad, y posteriormente la catedral, cuya primera traza seguía el esquema medieval de la Capilla Real (Gómez-Moreno 1925a). En la década de los años 20 se va a suscitar un fuerte debate, que a priori puede parecer estético, pero que en el fondo supone un problema más profundo: medievalismo frente a modernidad. El Hospital Real, por ejemplo, es un claro ejemplo de lo que significa el mantenimiento de estructuras góticas que ponen en entredicho la extensión del Renacimiento en España. En los núcleos periféricos y en los barrios se recurrirá a la arquitectura mudéjar en la arquitectura religiosa, de la misma manera que en otras ciudades como Sevilla o Toledo, donde la construcción de iglesias tenía un carácter árabe, reservando el estilo gótico para los edificios de más entidad por cuestiones políticas e ideológicas.

Este proceso va a desarrollarse en la capital aproximadamente entre 1500 y 1526, fecha esta última en la que se iniciará un cambio en la programación artística, comenzando la implantación de las tendencias imperiales. Tras su boda en 1526 con Isabel de Portugal, Carlos V viaja desde Sevilla a Granada, donde pasarán su luna de miel. Carlos V, visita entonces la ciudad por primera vez, quedando completamente fascinado por su singularidad arquitectónica, y por las posibilidades que ofrece a nivel constructivo. Tanto es así, que decide convertirla en uno de los puntos clave de su residencia, aportando a la ciudad, como ya hemos comentado, un protagonismo internacional que favorecerá el contacto con movimientos culturales de otros países europeos. Sin embargo, el Rey Carlos se encuentra con una ciudad árabe en proceso de transformación donde se realizan intervenciones urbanas de poco alcance. Por tanto, las intervenciones del nuevo Rey supondrán importantes innovaciones en el programa constructivo que se había desarrollado hasta la fecha. Igualmente se dejaron sentir los ideales del Emperador en el terreno artístico, donde rechaza lo “moderno” o gótico a favor del nuevo lenguaje clásico. La visita de Carlos V a Granada en el año 1526 será decisiva para el devenir de algunos de los edificios más importantes de la ciudad, y condicionará el desarrollo de su construcción desde ese momento en adelante.

En primer lugar, ante la falta de comodidades que presenta la Alhambra para alojar a toda su corte, decide ampliar el palacio árabe construyendo junto a él otro más acomodado a los usos cristianos y que sea imagen de su poder imperial, por lo que debe ser proyectado acorde a las formas clásicas según el nuevo estilo renacentista. Este proyecto, además, supone la apropiación simbólica de un espacio de profunda tradición palatina. A partir de este momento darán comienzo una serie de discusiones y debates sobre su traza, ubicación y autoría, que desembocarán en la construcción del Palacio Imperial a manos de Pedro Machuca en 1533 (Gómez-Moreno 1892, p. 109-117; Rosenthal 1985, p. 23-46; Tafuri 1987, 1988; Rodríguez Ruiz 2000) (fig. 11).

Por otro lado, la visita a Granada de Carlos V en 1526 tuvo gran importancia para el desarrollo de las obras del monasterio de San Jerónimo, puesto que su esposa Isabel de Portugal se trasladó al segundo claustro del monasterio ante las incomodidades que presentaba el palacio nazarí. Su arquitecto, Jacobo Florentino, había muerto seis meses antes de la llegada de los emperadores a Granada, por lo que esta visita se produce en un momento de paro en los trabajos. Durante su estancia allí, los emperadores se interesaron por el proyecto renacentista para la transformación de la

cabecera y apoyaron la reanudación de las obras para que éstas llegaran a buen puerto (Gomez-Moreno 1892, p. 376; Gallego y Burín 1982, p. 284) (fig. 12).

También fue decisiva la visita del Emperador para la Chancillería. En un primer lugar, el Tribunal se había instalado en la Alcazaba, donde se realizaron sendas ampliaciones que resultaron insuficientes para alojarlo. Pero, ante las necesidades espaciales y propagandísticas de una institución de semejante rango, fue el Emperador Carlos quien añadió la Capitanía General a la Chancillería y quien ordenó la construcción de un nuevo edificio en la Plaza Nueva en 1526 (Gallego y Burín 1982, p. 329; López Guzmán 1987, p. 206) (fig. 13).

Por último, la catedral es probablemente el edificio en el que más influyó la actuación de Carlos V en Granada en 1526. Decepcionado por la extrema sencillez de la Capilla Real, lugar donde sus abuelos habían decidido situar el Panteón Real, decidió convertir la cabecera de la catedral en un mausoleo imperial para él y su familia (Fernández Larrain 1980). Esta decisión supuso unas nuevas necesidades, probablemente incompatibles con el proyecto gótico que estaba en curso entonces, pero más acordes con el nuevo estilo “a lo romano”, por lo que probablemente fuera éste el detonante para el abandono del proyecto medieval de Egas y la búsqueda de un nuevo lenguaje que recuperara las formas y símbolos de la Roma Imperial (Gómez-Moreno 1892, p. 254-260; Rosenthal 1990, p. 25-30, Gila 2005, p. 97) (fig. 14). Por tanto, a partir de 1526 dará comienzo con más fuerza la implantación de estas nuevas tendencias, que marcarán un cambio decisivo en el modo de entender el espacio, trayendo consigo unos nuevos programas imperiales que se superpondrán a las estructuras góticas, las cuales sufrirán un generalizado proceso de recubrimiento decorativo acorde con la evolución artística. En capítulos posteriores abordaremos más detenidamente las circunstancias en las que se gestó y desarrolló el diseño de las trazas y la construcción de los edificios anteriormente mencionados de forma detallada para cada caso, así como su evolución histórica, sus ejecutores y sus posibles influencias arquitectónicas.

En cuanto a las técnicas empleadas en las nuevas edificaciones, en principio, podemos distinguir dos tipos de sistemas constructivos. Por un lado, algunos edificios presentaban en sus muros un trabajo tradicional de ladrillo y mampostería, generalmente encalados y con las paredes interiores lisas recurriendo a armaduras tradicionales para su cubrición, siguiendo en gran medida la tradición mudéjar.

f11. Palacio de Carlos V. Granada

f12. Monasterio de San Jerónimo. Granada

f13. Edificio de la Real Chancillería. Granada

f14. Catedral de Granada

Por otro lado, una arquitectura de corte clasicista, a caballo entre el Gótico y el Renacimiento, donde se recurre a la albañilería o la cantería parcial o totalmente, y cuya definición estructural muestra la adquisición de prácticas europeas, principalmente italianas, con la introducción de apilastrado y bóvedas en la cubrición de espacios. El uso de cantería renacentista quedó más bien reservado para edificios de cierta entidad y con un rango superior, o para partes concretas de edificios donde se requería una mayor resistencia estructural o un especial simbolismo, como en las portadas.

Pero no es solo la catedral y el Palacio de Carlos V los que enaltecen el renacimiento en la ciudad del Darro, porque el Convento de San Jerónimo, fundamentalmente de Siloé y las obras García de Pradas y de Juan Marquina, que estableció el tipo de portada granadina anterior a Diego de Siloé, completan un catálogo de obras sumamente interesantes.

Fernando Chueca Goitía, 1999. *El plateresco en la época de Carlos V.*

Encontramos esta técnica constructiva en edificios de la capital como la catedral, el palacio de Carlos V, Chancillería, San Jerónimo, etc. En la provincia también se levantaron obras de cantería en las iglesias de mayor rango, las cuales gozaban de fondos más amplios, como en Loja, Guadix, Baza o Huescar (Asenjo 1973). Es decir, su uso obedeció principalmente a cuestiones económicas, pudiendo entenderse como un lujo, y condicionando en gran medida la reproducción de modelos relacionados con la práctica constructiva internacional (Gómez-Moreno Calera 1989, p. 57).

Tras valorar todas las cuestiones anteriores, no cabe duda de que Granada se convierte, por tanto, en un campo de experimentación abierto a las nuevas tendencias artísticas. En palabras del Manuel Gómez-Moreno (1941) “Granada en el siglo XVI desempeñó el papel de hija mimada de Castilla, que veía en ella el fruto de su esfuerzo secular por poseerla”. Este gran laboratorio renacentista sería, además, el escenario perfecto para la experimentación y el desarrollo de nuevas técnicas constructivas, como la cantería y el arte del corte de piedras, dando lugar a la aparición de piezas singulares, que como veremos más adelante, se convirtieron en ejemplares con clara influencia en arquitecturas posteriores, como el monasterio del Escorial, y que sirvieron como arquetipo para importantes textos de cantería, como el de Vandelvira.

2.1.3. Textos teóricos renacentistas

La recuperación de las ideas fundamentadas en la cultura clásica en las que se asientan las bases del Renacimiento debió surgir a través de la observación de las ruinas y restos de edificaciones romanas conservadas. Sin embargo, la arquitectura renacentista pretendía transmitir una imagen literaria y erudita, basada en el humanismo, y más profunda que una mera reproducción de los modelos griegos y romanos. Los arquitectos del Renacimiento buscaron, por tanto, un modelo ideal más allá de los modelos existentes. Esta búsqueda dio lugar a una serie de ideas y criterios que fueron sistematizados y plasmados de forma teórica en textos y manuscritos que darán lugar a la tratadística arquitectónica, fundamentalmente italiana, en la que se basará el desarrollo de esta nueva arquitectura.

Sin duda esta tratadística se basó en gran medida en los diez libros de Arquitectura de Vitruvio, conservados desde el siglo I a.C., los cuales fueron básicos para difundir las ideas y los criterios de la arquitectura clásica. Siendo el único tratado de la época clásica conservado tras la caída del Imperio Romano y durante la Edad Media, fue copiado y traducido, perdiéndose todos sus dibujos y esquemas, por lo que ha llegado a ser algo confuso. De ahí el gran empeño por parte de los estudiosos renacentistas en recuperarlo e interpretarlo imaginando cómo serían los patrones originales. Por tanto, el tratado de Vitruvio, a pesar de sus carencias, era el único referente teórico de la arquitectura clásica, más allá de las ruinas, y sirvió de base para los principales textos escritos durante el Renacimiento.

La aparición del texto de Vitruvio en 1414 fue fundamental para los primeros arquitectos renacentistas, puesto que se convirtió en una fuerte doctrina llegando, incluso, a la Península, donde en 1526 aparecía la obra *Medidas del Romano* de Diego de Sagredo, quien fuera capellán de Doña Juana y enamorado de la “nueva arquitectura antigua” (Chueca 1953, López Guzmán 1987, Marías 1992a) (fig. 15). Este texto surge ante la falta de unidad en los criterios a la hora de integrar las nuevas tendencias arquitectónicas en el ámbito artístico de Castilla, donde, como hemos comentado, habían sido interpretadas en ocasiones de forma superficial, reduciéndose a cuestiones ornamentales. Sagredo pretende, por tanto, introducir los códigos de Vitruvio, condenando firmemente la mezcla de lo “romano” o renacentista con lo

“moderno” o gótico, si bien se dejan notar las influencias castizas del estilo arbitrario castellano, denominado plateresco por algunos autores como ya hemos comentado con anterioridad. En cualquier caso, el libro de Sagredo representa la interpretación española del Renacimiento en el siglo XVI, siendo el primero que se escribe fuera de Italia (Chueca 1953, López Guzmán 1987, Marías 1992a). Por otro lado, la obra de Vitruvio fue traducida en España por Lázaro de Velasco, arquitecto granadino e hijo de Jacobo Florentino, hacia 1565, si bien nunca vio la imprenta; mientras que la traducción de Miguel de Urrea en 1582 y la traducción parcial de Hernán Ruiz a mediados del XVI sí fueron publicadas.

La importancia de este manuscrito reside, por un lado, en el interés despertado por Vitruvio tras el libro de Sagredo, y porque Velasco introduce en su traducción, notas sobre la historia del arte español de forma paralela al texto vitrubiano, presentándose como hijo de Florentino y destacando su obra. En la actualidad se conserva el manuscrito en la Biblioteca Municipal de Cáceres.

La obra de Serlio *Regole generali di architettura*, se compone de ocho libros que siguieron un curioso proceso editorial (fig. 16). En 1537 se publica el libro IV sobre las maneras de edificios, en 1540 el III sobre los órdenes clásicos, en 1545 el I y el II sobre geometría y perspectiva, el V en 1547 sobre iglesias y el VII en 1575, mientras que el VI y el VIII quedaron manuscritos hasta la segunda mitad del siglo XX. Los textos de Serlio tuvieron un gran impacto fuera de Italia, dando lugar a una gran cantidad de obras de “estilo serliano”. En España, concretamente, fueron traducidos y publicados por Villalpando en 1552, teniendo una gran aceptación especialmente en construcciones nobiliarias y civiles del sureste de la Península (López Guzmán 1987, p. 32).

En 1582 llega a España de forma tardía *De re aedificatoria*, la obra de Leon Battista Alberti, escrita a mediados del siglo XVI y publicada en Florencia en 1485 (fig. 17). Se trata de una actualización de la obra de Vitruvio, en la que interpreta de forma ordenada los problemas del Renacimiento basándose en los restos de la antigua Roma, y defendiendo el concepto de libertad artística (López Guzmán 1987, p. 32).

Por último, la obra de Vignola, publicada en Italia en 1562, llega a la península en 1593. Según López Guzmán (1987, p. 33) las *Regole delli cinque ordini dell'architettura* presentan una exposición mucho más clara que de las obras de Serlio y Vitruvio, puesto que se apoya en grabados y esquemas que ofrecen una visión más completa.

f15. *Medidas del Romano*.
Diego de Sagredo, 1549

f17. *De re aedificatoria*.
Alberti, 1485

f16. *Regole generali di architettura*. Serlio, 1540

Si bien Serlio también emplea grabados, el avance importante se da al pasar de las xilografías de éste a los grabados en cobre de Vignola (Summerson [1974] 1984, p. 66). Se trata de una codificación gráfica del lenguaje arquitectónico clásico de fácil consulta, frente al texto algo menos conciso de Serlio.

Además, más allá de los tratados y libros de arquitectura llegados a España desde Italia, cayeron en manos de los arquitectos, quizás traídos por ellos mismos, o sacados directamente de las ruinas o en copias e interpretaciones, "muestras, dibujos, trazas, medidas y modelos que entonces se repartían por todo el mundo" como dice el mismo Sagredo (1526).

A pesar de que es en Italia donde se desarrolla por primera vez una amplia tratadística que marcará las tendencias artísticas en España, en la Península también se creará una literatura propia, si bien de corte práctico, y no teórico, como en los tratados italianos. Según Pedro Navascués (1974) el *Libro de Arquitectura* de Hernán Ruiz el Joven debió de escribirse en Sevilla entre 1545 y 1562, entre los libros I y II de Serlio y la obra de Vignola. Mientras que el autor hace referencia a los primeros en varias ocasiones, el último parece resultarle desconocido. Se trata de un conjunto de enseñanzas sobre los conocimientos propios del arquitecto renacentista, es decir, geometría, órdenes clásicos, perspectiva, proporciones, etc. La obra consiste en comentarios y reflexiones del autor sobre textos y dibujos propios de Vitruvio, Alberti y Serlio, en lo cual se basa López Guzmán para pensar que no debió concebirse esta obra para ser publicada, sino como un manual de taller, puesto que la inclusión de extractos de otras obras anteriores podría interpretarse como plagio.

El tratado de Alonso de Vandelvira presenta un fuerte carácter práctico en su totalidad, frente a los tratados teóricos italianos, lo cual ha sido considerado por algunos historiadores (Marías 1979, 1992a; Gómez-Moreno 1925b, 1949) como un exceso de tecnicismo. El *Libro de trazas de cortes de piedras* consiste en una transcripción de la técnica constructiva de su padre y otras obras del Renacimiento español basadas en la estereotomía de la piedra. En este aspecto puede decirse que enlaza con la tradición francesa del tratado de Philibert de l'Orme (1578 -1591). El texto de Vandelvira incluye soluciones geométricas y trazados para construir todo tipo de bóvedas y piezas de cantería mediante dibujos y textos. Este tipo de manuscritos pone de manifiesto la formación empírica de los arquitectos, al contrario de los ambientes más "culturales" en otros países de Europa. Es de destacar el elevado nivel técnico de esta obra,

especialmente si tenemos en cuenta su temprana aparición en relación al desarrollo del arte de la cantería, y sobre todo, siendo los conocimientos geométricos aún tan escasos. El texto de Vandelvira es especialmente interesante al relacionarlo con la arquitectura granadina del siglo XVI, pues, como más adelante comprobaremos, algunas de las piezas analizadas en este trabajo serán recogidas por el autor ejemplos y arquetipos para ilustrar algunos de las trazas y soluciones que propone, lo cual las convierte en obras singulares, claves para el asentamiento del arte de la cantería en España.

Con posterioridad aparece Ginés Martínez de Aranda como autor de otro de los textos de cantería más completos con un fuerte carácter práctico, puesto que está enteramente dedicado al arte de la labra de piedra. Además, destacan algunas observaciones constructivas de Rodrigo Gil incluidas póstumamente en el manuscrito de Simón García (c. 1681) *Compendio de Arquitectura y Simetría de los Templos* (Camón 1941, Chanfon 1979, Casaseca 1988, Calvo 1999, 2009b).

Como excepciones a esta corriente más práctica que teórica, aparecen los trabajos de Juan de Arfe y Villafañe, *Quilatador de la Plata, Oro y Piedras* (1572) y *De varia commensuración para la escultura y arquitectura* (1585). Junto al libro de Sagredo son los únicos trabajos originales españoles que abordan la problemática artística sobre una base fundamentalmente teórica, lo cual muestra la formación técnica de nuestros arquitectos, y la profunda tradición desarrollada en España en torno a la construcción mediante el arte de la cantería y al control geométrico necesario para la traza y corte de piedras.

2.1.4. Arquitectos renacentistas en Granada

En el siglo XVI, el nuevo estilo renacentista introduce cambios, no solo en la arquitectura, sino en el concepto de la labor del arquitecto, por lo que a lo largo de este periodo se producirá una transición entre los conceptos medievales y renacentistas de los artífices del ámbito artístico y constructivo (Marías 1983-1984). Durante la Edad Media, la construcción y la arquitectura eran consideradas como oficios propios de artesanos y mecánicos, ligados al concepto de la arquitectura como arte. La adquisición de los conocimientos necesarios para el ejercicio de la profesión se basaba en la habilidad práctica que se adquiría a base del trabajo y la experiencia. Esta habilidad basada en la tradición solía desembocar, en ocasiones, en el campo del virtuosismo decorativo, donde los fines funcionales de la arquitectura pasaban a un segundo plano, destacando los fines representativos. Al valor funcional de la arquitectura se le añade el valor representativo, principalmente con el fin de mostrar la habilidad del ejecutor. La mezcla de ambos aspectos, el virtuosismo técnico y decorativo, es fundamental para el conocimiento de la arquitectura española del último gótico y la introducción de las nuevas tendencias.

Esta situación cambia gracias a la llegada de un nuevo concepto de la construcción, que aparece de la mano de las nuevas tendencias artísticas italianas. Esta nueva tendencia, reflejada en diversos trabajos teóricos italianos, concibe la construcción como ciencia, más que como arte, colocándola en el centro de la actividad cultural protagonista en la definición de la historia y las necesidades del hombre. Gracias al texto de Alberti, el maestro pasa de ser artesano a convertirse en arquitecto en el sentido moderno de la palabra (Marías 1979, p. 176). Para Alberti, la construcción de un nuevo edificio debe ser fruto de la razón y el ingenio, por lo que la labor del arquitecto debe ser fundamentalmente intelectual, y no mecánica. El nuevo concepto renacentista de la arquitectura como actividad intelectual y no manual se introdujo, por tanto, en España a principios del siglo XVI, aunque el proceso de asimilación por parte de la sociedad y la propia actividad llevaría un proceso más largo. Prueba de ello es que los artífices más destacados en la arquitectura renacentista del siglo XVI, como Siloé, Machuca, Quijano o Covarrubias entre otros, nunca fueron llamados arquitectos. La mayoría de los arquitectos de este periodo comenzaron su actividad profesional en

otros campos artísticos como la escultura o la pintura. Esto facilitó la posibilidad de que artistas de distintas disciplinas pudieran acceder a la actividad arquitectónica mediante el diseño y el dibujo, técnicas en las que probablemente estarían más formados que aquellos maestros formados en el aprendizaje tradicional del oficio de la construcción. Esto los convertía en arquitectos tracistas, diseñadores y creadores de espacios, no constructores de los mismos. Por otro lado, las nuevas tendencias basadas en la arquitectura clásica y romana supondrían unas nuevas necesidades en la formación de los arquitectos, difícilmente adquiribles únicamente en la práctica.

La actuación del arquitecto renacentista dará lugar a la aceptación del Renacimiento como fuerza cultural que supondrá un cambio no solo en las tendencias artísticas, sino en los ámbitos económico y social. Muchos de estos arquitectos son humanistas, cuya arquitectura no solo se basa en las formas romanas, sino en cuestiones más profundas que ya hemos comentado, como la armonía de proporciones, las relaciones numéricas, etc., dando al ornato un valor relativo hasta su eliminación en algunos casos. Estos nuevos arquitectos, definidos como “arquitectos imperiales” por autores como López Otero (1958, p. 30) crearán sus obras desde el razonamiento y el pensamiento crítico. Si bien es verdad que todos conocían los tratados teóricos italianos, algunos de ellos se formaron y trabajaron en Italia, donde pudieron entrar en contacto con el germen del Renacimiento. Sin embargo, es importante destacar que, pese a que estos arquitectos formados en el purismo renacentista conocían a la perfección sus bases teóricas y las técnicas para ponerlas en práctica, llevaron a cabo una interpretación de las mismas en un ejercicio probablemente premeditado de hispanización del Renacimiento italiano, adaptándolo a sus propias inclinaciones artísticas (Rosenthal 1978).

Esta tendencia de interpretación se desarrolló, en cambio, de formas diferentes según la formación y la tradición de cada arquitecto. Cada uno de ellos llevó a cabo esta interpretación expresando su personalidad, que se vio plasmada principalmente en la valoración del ornato, en algunos casos más presente en el proceso creativo que en otros. En resumen, podemos concluir que durante el siglo XVI, principalmente durante el reinado de Carlos V, se creó en España una arquitectura renovada que trajo consigo un nuevo concepto de arquitecto dando lugar a obras y edificios singulares que reflejaban personalidades distintas dentro de unos criterios globales constituyendo un estilo propio adaptado al movimiento renacentista en un momento de expansión de la economía y de la actividad creadora.

En el panorama nacional, algunos autores, como Gómez-Moreno (1892), López Guzmán (1987), Morales (1989) o Marías (1979), destacan las figuras de ciertos artistas del sur renacentista como Diego Siloé, Diego de Riaño, Pedro Machuca, Andrés de Vandelvira, Jerónimo Quijano, Alonso de Covarrubias o Hernán Ruiz como principales artífices del Renacimiento español, sin olvidarse de otros maestros canteros del plateresco con carácter más secundario, como Juan de Álava y Rodrigo Gil de Hontañón. En lo que respecta a Andalucía, más concretamente a Granada, muchos son los arquitectos españoles que destacaron en la divulgación de los nuevos cánones renacentistas en la zona, considerada como uno de los grandes focos artísticos del siglo XVI en España. Sin embargo, es importante destacar igualmente a un buen número de arquitectos italianos que, llegados a la provincia granadina, colaboraron en la introducción de estas nuevas tendencias artísticas originadas en Italia. Un claro ejemplo es el de Domenico Fancelli, que, aunque no era arquitecto, sino escultor, jugó un papel muy importante en la introducción de elementos clásicos en España. No es el único escultor italiano que trabaja en la Península durante el primer tercio del siglo XVI, pero sí es el más destacado, puesto que su trabajo estaba ligado a la Casa Real tras haber trabajado para la nobleza, como por ejemplo, el sepulcro realizado en Génova para Diego Hurtado de Mendoza (López-Guzmán 1987, p. 28; De la Morena 1999, p. 191), que le valió como tarjeta de presentación para el medio artístico español. Su primer trabajo una vez en España sería el sepulcro del príncipe Juan, hijo de los Reyes Católicos, cuyo resultado fue tan satisfactorio para el Rey Fernando que le encargó el sepulcro propio y de su esposa la Reina Isabel en la Capilla Real de Granada. Otro ejemplo es Niccolo da Corte, muy bien reputado en el entorno artístico de Génova. Llegó a Granada en 1437 bajo el mecenazgo de Don Álvaro de Bazán, quien lo trajo a España para trabajar en su palacio granadino. Además, colaboró en el palacio y en el Pilar de Carlos V (López Guzmán 1987, p. 30).

En torno a la mitad del siglo XVI, la introducción de las nuevas tendencias en Castilla y en Granada había alcanzado una madurez suficiente como para nutrirse de sus propios artistas y arquitectos, por lo que la afluencia de artistas extranjeros se redujo notablemente. Sin embargo, Granada, y Andalucía en general, contaban en ese momento con unas posibilidades constructivas y de trabajo muy amplias, lo cual atrajo a canteros como Francisco Florentín (Félez 1976), quien ha sido relacionado con el Castillo de Vélez Blanco por autores como Chueca (1953, p. 41), y quien sin duda colaboró en la Capilla Real y en el primer tramo de la torre de la catedral de Murcia

(López Guzmán 1987, p. 29). Es en esta última obra donde, tras su muerte en 1522, le sustituirá Jacopo Torni, conocido también como Jacobo Florentino “El Indaco”, italiano también, y compañero de Miguel Ángel en Italia, que llegará a Granada en 1520 atraído por los trabajos de la Capilla Real de Granada. Su principal actuación en la capital granadina fue en la iglesia del monasterio de San Jerónimo, atribuyéndosele la “romanización” de un espacio que, en un principio, se había concebido como gótico (López Guzmán 1987, p. 30; Gómez-Moreno 1941, p. 47). También se considera a Jacobo Florentino como uno de los protagonistas, en gran medida, del desarrollo artístico y la transmisión de conocimientos en el sector sureste de la península, puesto que anduvo siempre entre Granada y Murcia debido al compromiso que también había adquirido en las obras de la catedral de esta última. Al morir en 1526 sería Diego de Siloé quien lo sustituiría en San Jerónimo, momento a partir del cual el Renacimiento andaluz, concretamente el granadino, alcanzaría su mejor momento (Gómez-Moreno 1941, p. 57).

Junto a los italianos citados, tendrán un gran protagonismo los artistas españoles formados en Italia, junto a los cuales configuran el panorama renacentista granadino consiguiendo en palabras de Rafael López Guzmán, “las cotas más altas de clasicismo en España” (López Guzmán 1987, p. 30). Entre los primeros españoles en Italia destaca Berruguete, quien llegaría a Granada para colaborar en la ejecución de una serie de frescos para la Capilla Real de Granada (Gómez-Moreno 1941, p. 121). Pero más importante para el desarrollo del clasicismo en Andalucía y Granada sería Diego de Siloé²⁶, formado en el ámbito de los tardogóticos flamencos. Se le asocia a Bartolomé Ordóñez en Barcelona y en Génova, donde Ordoñez había instalado un taller, y en la realización del retablo de la capilla de los Caraccioli en Nápoles (Wethey 1943, Milicua 1955, Migliaccio 1993). Es en Italia donde entra en contacto con las escuelas romana y florentina, alejándose de su formación gótica y acercándose al clasicismo italiano. Llega a Granada en 1528 para continuar las obras de la cabecera de la iglesia del monasterio de San Jerónimo, como sabemos iniciada por Jacobo Florentino a la manera renacentista, donde finalmente se presenta como un arquitecto clásico. Autores como López Guzmán (1987) le atribuyen a Siloé la definición humanista de la ciudad por la construcción de portadas clásicas en iglesias, por sus intervenciones en

²⁶ Ver Rosenthal (1966) Asenjo (1973), Gómez-Moreno (1963, 1988), Eisman (1989), Zalama (1992) y Méndez (1997).

los edificios públicos como la Universidad o la Chancillería, y por su implicación como arquitecto imperial de la catedral. Sin embargo, como veremos a lo largo de este trabajo, en ocasiones sus obras muestran rasgos de sus orígenes tardogóticos.

De forma paralela, Pedro Machuca llega a Granada junto a Jacobo Florentino en 1520, al igual que éste, para la ornamentación de la Capilla Real, puesto que también había sido discípulo de Miguel Ángel. Gracias al hijo de Florentino, el Indaco, conocemos algunos detalles de Machuca y la relación con Jacobo, tal y como recoge Manuel Gómez-Moreno y Martínez en su libro (1941, p. 99).

En este tiempo (1520) vino Machuca de Italia, pintor celebrado, discípulo de Michael Angel, el qual pinto maravillosas obras en el reyno de Granada y en las ciudades de Jaén, Toledo y convento de Uclés, y arquitecto que eligió la casa real del Alhambra que se labra al romano, la qual prosigue Luis Horozco su hijo, bien entendido, que estuvo en Italia

Manuel Gómez Moreno, 1941. *Las Águilas del Renacimiento Español*.

Su gran formación en Italia le valdrá para emprender la obra del palacio de Carlos V, a pesar de que su experiencia solo lo acreditaba como pintor, y por primera vez quedará demostrada la independencia entre la habilidad en el diseño y la experiencia empírica o habilidad práctica. Es decir, por primera vez la labor del arquitecto será más intelectual que mecánica, y Machuca actuará como arquitecto tracista poniendo en práctica el concepto renacentista del oficio, frente al concepto tradicional gótico. En este sentido, Machuca representa el contrapunto de Siloé, puesto que es un clasicista puro, frente al carácter interpretativo y personal de la arquitectura de Siloé. Si bien Machuca parece quedar reducido al palacio de Carlos V frente a la gran cantidad de obras de Siloé en Granada y Andalucía, su prestigio debió ser mayor durante el siglo XVI de lo que se cree en la actualidad, en virtud de los documentos conservados y analizados por historiadores como Gómez-Moreno (1941), Rosenthal (1985) o López Guzmán (1987).

Por último, es importante destacar la labor de Francisco del Castillo (Moreno Mendoza 2006, Gila 2002), artífice de la portada de la Chancillería, construida en el último tercio del siglo XVI. Éste se había formado en Roma trabajando en la Villa Giulia, donde coincidieron algunos de los arquitectos más importantes del momento, como Vignola o Vasari. Este último dato ha servido como fundamento a diversos autores para justificar y atribuir la autoría de la fachada de la Chancillería a Del Castillo (Taylor 1976; Galera

Andreu 1984; Ruiz Rodríguez et al. 1984, 1989). Es uno de los principales intérpretes de Serlio, produciendo obras que divulgaron los principios de las formas serlianas.

Si bien estos son los autores más significativos en el desarrollo del Renacimiento en Granada, fueron muchos los artistas formados en Italia que durante el siglo XVI trabajaron en la ciudad y la provincia, colaborando así a la transmisión del conocimiento clásico en el ámbito artístico. Por ejemplo, Luis Machuca, hijo de Pedro Machuca, quien sustituyó a su padre en las obras del palacio de Carlos V, adquiriendo un papel fundamental en el desarrollo de la construcción.

Influencias, relaciones y focos de la arquitectura renacentista en el sur de España

Para poder entender plenamente la acogida del Renacimiento en el sur de España, concretamente en la ciudad de Granada, es importante que analicemos y entendamos sus relaciones e influencias recíprocas con otros focos de igual importancia. De la misma manera, resulta interesante para el avance de este trabajo, la observación de los estudios sistemáticos de detalle realizados sobre estos ejemplos.

Como apuntamos anteriormente, Chueca desvía la mirada en su obra clásica sobre la arquitectura renacentista española hacia focos artísticos como Burgos, Toledo, así como las influencias que ejercen en otros puntos del norte de la península. Ahora bien, en algunos de sus trabajos posteriores, concretamente aquellos relacionados con la obra de Andrés de Vandelvira (1954, 1971) resalta la importancia de ciertos focos andaluces.

En este punto es innegable el hecho de que, en gran medida, la arquitectura andaluza del primer renacimiento evolucionó notablemente gracias al trabajo de los arquitectos que definieron con personalidad ciertos edificios clave en las principales ciudades y centros constructivos. En Granada Siloé y Machuca (Gómez-Moreno 1941), Vandelvira y Castillo (Moreno Mendoza 2006) en Jaén, Diego de Riaño en Málaga, Hernán Ruiz en Sevilla (Morales 1981, 1996), Juan de Orea en Almería (Gómez-Moreno Calera 1989d, p. 61) y Florentino y Quijano en Murcia (Gutiérrez-Cortines 1987). De esta manera, cada territorio mostró un carácter propio en cuanto al desarrollo de su arquitectura definiéndose tres ámbitos principales: Sevilla, Jaén, Granada y Murcia. Pese a que a priori podrían ser núcleos autónomos, claramente existió un fructífero intercambio de conocimientos que sirvieron para transmitir criterios y elaborar un estilo común, una marca propia que definiría el Renacimiento en el sur de la península como

un foco de gran importancia dentro del Renacimiento español. Por tanto, la transmisión de conocimientos, los intercambios culturales y las relaciones artísticas entre ellos aparece como un hecho fundamental en el desarrollo de la arquitectura clásica en el sur de España.

Para favorecer esta transmisión de conocimiento fue fundamental el trasvase de artistas entre unas zonas y otras, principalmente cuadrillas de canteros que pujaban en obras en otras localidades o artistas individuales que eran designados y contratados de forma personal para trabajar en una obra concreta en zonas lejanas a su residencia habitual. En el siglo XVI era muy común que los canteros, tanto en Granada como en el resto de Andalucía y Levante, provinieran del norte, principalmente cántabros y vascos. Sin embargo, a veces los canteros llegaban a la ciudad de regiones próximas como todo el ámbito giennense de Úbeza, Baeza o Alcalá la Real formando parte de cuadrillas y grupos de trabajo contratados para obras concretas (Galera Andreu 2003). En cuanto al lugar de origen de la piedra, Granada se sitúa en una posición privilegiada puesto que existen una gran cantidad de canteras relativamente cercanas que facilitaron la proliferación de obras de cantería sin elevar en demasía su coste. Las canteras que abastecían las obras de Granada y su provincia son principalmente Alfacar, Santa Pudía y Sierra Elvira, mientras que el mármol, muy limitado, venía de Macael. Menos relevantes era la piedra de Iznalloz, La Nava, Alhama o Turro, ésta última utilizada en la columnata del palacio de Carlos V en la Alhambra.

También fueron frecuentes los casos en los que algunos artistas eran llamados a otros lugares para elaborar informes periciales sobre alguna obra puntual a la que eran totalmente ajenos, o los casos de las juntas de expertos convocadas en grandes obras, como en la catedral de Granada, reuniones donde el intercambio de ideas era una hecho inevitable. En las obras de cantería que se hicieron en Granada fue habitual realizar las subastas en la provincia de Jaén, zona de gran actividad y conocida por la habilidad de sus canteros (Gómez-Moreno Calera 1989d).

Otra forma de intercambio era la solicitud directa a un maestro para que realizara las trazas de un edificio, para designarlo como maestro mayor del mismo. El caso de Siloé es bastante representativo, puesto que ejerció mucha influencia en diversas catedrales de Andalucía oriental. También Hernán Ruiz, residente en Sevilla y presente en obras de Jerez o Córdoba, o Juan de Orea, aprendiz de Machuca en el palacio de Carlos V y posteriormente maestro mayor de la catedral de Almería y tracista de la de Guadix, y

en la de Granada. Juan de Minjares fue maestro mayor de la Lonja de Sevilla y de las obras del palacio de Carlos V tras Luis Machuca. Francisco del Castillo, de Jaén, opositó a la plaza de maestro mayor de la catedral de Granada, para ser finalmente el arquitecto de la Chancillería. Asensio de Maeda, quien había trabajado y se había formado con Siloé, se instaló posteriormente en Sevilla, al igual que Alonso de Vandelvira que se había formado en Jaén. Todos ellos son numerosos ejemplos que dejan constancia del trasvase de información y conocimientos que dio lugar a la creación de una red artística, configurando así el panorama arquitectónico del Renacimiento andaluz, donde la ciudad de Granada tuvo un gran protagonismo dado su programa constructivo.

Como ya hemos comentado, el movimiento e intercambio de artistas en la geografía española, así como la divulgación de los tratados de cantería de la época, han propiciado las influencias recíprocas entre distintos focos artísticos. Si bien no se puede negar el indudable protagonismo de Granada en este aspecto, hay que reconocer la importancia del foco centrado en Jaén, Úbeda y Baeza, articulado en torno a la figura de Andrés de Vandelvira (Gila 1992; Galera Andreu 2000, 2003). A su vez, Vandelvira queda ligado a través de su suegro, Francisco de Luna, al entorno del priorato de la Orden de Santiago en Uclés cuyos dominios se extendían por distintas áreas de las actuales provincias de Cuenca, Toledo, Albacete, Murcia, Jaén y Granada.

En cuanto al foco murciano, algo hemos comentado ya sobre su relación más o menos directa con el foco granadino a través de las relaciones entre sus artistas. A pesar de que Chueca (1953, 2000) le otorga un papel muy secundario, es importante tener en cuenta que, dada la cercanía del levante con Italia, la introducción de la arquitectura renacentista en el sur de España pudo evolucionar de este a oeste. Diferentes historiadores han comentado las evidentes analogías entre la obra de Vandelvira y la de Quijano, sucesor del Indaco como maestro mayor de la Diócesis, así como la relación estilística, y quizá laboral, entre éste y Diego de Siloé, lo cual nos lleva a pensar en la relación de Siloé y Vandelvira con el territorio de la Antigua Diócesis de Cartagena y a Quijano con tierras andaluzas y castellanas. Es decir, es muy probable el intercambio de fuentes entre ellos, estando en contacto profesionalmente y garantizando así una influencia mutua. El tratado de Alonso constata la indudable relación entre los estos maestros del Renacimiento español. En cuanto a los estudios llevados a cabo en el campo de la historia de la construcción, podemos destacar según los distintos focos.

En Murcia, las obras de la catedral han sido estudiadas de forma rigurosa (Calvo y Alonso Rodríguez 2005, Calvo et al. 2005), y además se han realizado trabajos concretos sobre las cabeceras de Santiago de Jumilla y Santa María de Chinchilla, el presbiterio de El Salvador de Caravaca o la capilla de la Virgen del Alcázar en San Patricio de Lorca (Alonso Rodríguez et al 2008, 2013, Salcedo y Calvo 2014, Natividad y Calvo 2012)

En el entorno de Jaén, igual que ocurre en otras zonas, los trabajos en el campo de la historia de la construcción son más escasos. Además del análisis de Palacios sobre el manuscrito de Vandelvira ([1990] 2003) existe un artículo sobre algunas de sus bóvedas (Castaño 2013). También existen algunos levantamientos planimétricos, que no alcanzan el nivel de la dovela individual (Marín Clabo 2008), si bien Pau Natividad ha tomado datos de numerosas bóvedas baídas para el desarrollo de su tesis doctoral. En Sevilla quizá es más difícil encontrar las relaciones directas con Granada. Ahora bien, resulta de gran interés puesto que, en contraste con otras zonas, sí que se han realizado estudios detallados en el campo de la historia de la construcción, documentándose monteas muy significativas e incluso la casa de trazas de la catedral (Jiménez Martín y Pinto 1993; Ruiz de la Rosa 2000, 2002, 2011).

La evolución de la traza arquitectónica

En este contexto del arquitecto como tracista, resulta interesante analizar el papel de la traza como dibujo con fines proyectuales. El conocimiento en esta cuestión es relativamente escaso puesto que son pocas las trazas arquitectónicas conservadas, concretamente las fechadas en la primera mitad del siglo XVI (Marías 1979, p. 207).

Las trazas arquitectónicas de tradición gótica eran dibujos de representaciones ortogonales de los edificios que, en ocasiones, incluían medidas de sus piezas, como por ejemplo el alzado ortogonal de la portada en la catedral de Barcelona (Angulo y Pérez Sánchez 1975). Parece probable que en España se produjera cierta continuidad entre este tipo de proyecciones ortogonales de tradición gótica y las nuevas tendencias de representación italianas, secciones y monteas, que se difundieron en torno a 1520.

Sin embargo, en España no se importaría con tanta solvencia el dibujo en perspectiva monofocal derivado de la pintura del Quattrocento, puesto que las perspectivas realizadas en España muestran aún su vinculación a la tradición gótica con una

organización espacial falta de coherencia (Marías 1979, p. 208). Las trazas ortogonales se presentaban como plantas, alzados y probablemente secciones que componían un conjunto de planos, recogiendo todas las ideas del arquitecto y permitiendo a los operarios seguir sus instrucciones. En este sentido, las trazas ortogonales eran más claras y de más utilidad en comparación con las perspectivas escenográficas, lo cual las hacían preferibles para el trabajo del arquitecto y por tanto, ni en Italia ni en España se empleó con frecuencia la perspectiva en dibujos ligados a una obra concreta de Arquitectura. De hecho, es bastante significativo que en 1577 se criticara duramente el trabajo del Francisco del Castillo, que recién llegado de Italia, presentó para la catedral un plano donde alternaba los dos tipos de representación, ortogonal y perspectiva (Rosenthal 1990, p. 151). Este tipo de dibujos escenográficos se usarían, probablemente para representaciones imaginarias de edificios, sin carácter proyectual, mientras que la ejecución de trazas con fines constructivos sería más habitual en la práctica arquitectónica. Según Fernando Marías (1979, p. 208), esto está aún por probar, aunque es bastante probable que la construcción se basara, siempre, en un plano de obra, mientras que los alzados debieron tardar algo más en introducirse en las prácticas de los arquitectos del siglo XVI.

El hecho de que el arquitecto se convirtiera en tracista, alejándose de la fábrica material, creó la necesidad de presentar una documentación lo más clara y explícita posible que facilitaran su lectura por parte de los aparejadores y canteros. En este sentido, la representación ortogonal era el sistema más adecuado. Este tipo de trazas, principalmente las plantas de edificios, se introducirían en España bastante pronto según Marías, quien pone como claro ejemplo la traza de Pedro Machuca para el palacio de Carlos V en Granada en 1527 (fig. 18). Posteriormente, apunta, se irían añadiendo trazas parciales con detalles constructivos del conjunto como Hernán González en Tavera en 1552 (fig. 19), para, finalmente, dar paso con Herrera en El Escorial (fig. 20) a un dossier de planos que incluía todos los dibujos necesarios para llevar a cabo la obra desde el principio hasta el final (Marías 1979, p. 209; Wilkinson 1983-1984).

f18. Planta pequeña del Palacio de Carlos V por Pedro Machuca. Real Biblioteca

f19. Trazas del Hospital de Tavera por Hernán González. Archivo del Hospital de Tavera

f20. Primer Diseño y Segundo Diseño de las Estampas (plantas principal y primera), dibujos de Juan de Herrera grabados por P. Perret. *Bóvedas de piedra del Monasterio de El Escorial* (López Mozo, 2009)

2.1.5. Arquitectura renacentista en granada

Como hemos podido analizar, muchas son las obras y edificaciones nuevas construidas en Granada desde la llegada de los Reyes Católicos a la ciudad, y especialmente durante el reinado de Carlos V, que tanto protagonismo brindó a la ciudad. Sabemos que, a pesar de la fuerza con la que irrumpe el Renacimiento en el foco artístico granadino, su implementación se vio compaginada con la permanencia de la tradición mudéjar y por una todavía fuerte influencia del estilo Gótico, cuyas raíces en Castilla eran muy profundas. Además, el carácter interpretativo de la arquitectura renacentista tanto en Granada, como en el resto de la Península, supuso la aparición de estilos muy personales en el terreno artístico, que dificultarán, en ocasiones, la lectura de los edificios y sus sistemas constructivos en lo que a este estudio se refiere.

Si hablamos del renacimiento en Granada es importante destacar desde el principio la figura de Jacopo Torni, llamado Florentino o “El Indaco, cuyo papel también estuvo vinculado al foco murciano. Como comentamos con anterioridad, Jacopo Florentino llega a Granada desde Italia hacia 1520 para trabajar en la Capilla Real, donde más tarde recibiría el encargo de colaborar en las obras de la cabecera de San Jerónimo de Granada, concebida como monumento funerario a Gonzalo Fernández de Córdoba. Mientras tanto, se traslada a Murcia para trabajar en las obras de la catedral, al tiempo que sigue trabajando en Granada. L'Indaco no colaboró durante mucho tiempo en la cabecera de San Jerónimo, por lo que tras su breve intervención, fue llamado para continuar las obras Diego de Siloé, quien pocos años después se convertiría en maestro de las obras de la catedral granadina. Mientras se llevaban a cabo dichas obras, comenzaban las del palacio de Carlos V bajo la dirección de Pedro Machuca, cuya figura podemos posiblemente relacionar con Jacobo Florentino al haber coincidido en Italia, incluso colaborado en las obras de la Capilla Real. A finales de siglo, continúan las obras de la catedral, ya bajo la dirección de Asensio y Juan de Maeda y Ambrosio de Vico (Domínguez 1984), al igual que las del palacio, en este caso bajo la dirección de Luis Machuca, y comienzan las obras de la Chancillería bajo la dirección de Francisco del Castillo.

Estas construcciones y sus circunstancias han sido estudiadas a través de diversos trabajos e investigaciones, sobretodo la catedral y el palacio (Gómez Moreno 1941;

Rosenthal 1961; Rosenthal 1985; Taylor 1976; López Guzmán 1987; Bustamante 1995). Sin embargo, no se han llevado a cabo estudios y análisis desde el punto de vista constructivo, así como tampoco encontramos levantamientos detallados de piezas de cantería, puesto que el extraordinario trabajo de Almagro acerca de la catedral (1993b) queda a nivel de planimetría sin llegar al nivel de detalle, como se explica a continuación. Tras los trabajos de Gómez Moreno (1925, 1941, 1963) y Loukomski (1944), las dos piezas clave del Renacimiento granadino, la catedral y el palacio de Carlos V, han sido estudiadas de forma rigurosa por Rosenthal (1961, 1985)²⁷, cuyas obras constituyen la referencia básica acerca de estos edificios, a pesar de que algunas de sus conclusiones hayan sido discutidas posteriormente (Tafari 1987, 1988). Sin embargo, no existen este tipo de estudios y trabajos en profundidad basados en otros edificios destacados del Renacimiento granadino. Por ejemplo, la cabecera de San Jerónimo fue tratada por Gómez-Moreno, incluyéndola en su obra clásica (1941) y posteriormente fue objeto de un artículo de Bustamante (1995). Otra pieza de gran importancia en la historia de la construcción hispánica, citada en tratados como el de Vandervire, es la escalera de la Chancillería, la cual no ha sido objeto de estudios específicos, sino únicamente de algunas menciones (López Guzmán 1987). Muy distinto es el caso de su fachada, que ha despertado un gran interés entre los entendidos (Taylor 1976; Ruiz Rodríguez et al. 1984, 1989; Galera Andreu 1984).

Sin embargo, a pesar de tratarse de edificios y piezas relevantes de la construcción pétreo española, apenas han sido objeto de estudios desde el punto de vista de la Historia de la Construcción, tan sólo mencionados de forma puntual en la obra general de Palacios ([1990] 2003). Como ya se ha comentado, existe un levantamiento planimétrico de la catedral, realizado por Antonio Almagro (1993b), pero dado su carácter general, no incluye la definición de dovelas individuales. Actualmente se disponen de datos de la escalera de la Chancillería suficientes para realizar un levantamiento, estando pendiente su desarrollo y análisis. Todo esto aconseja realizar un estudio riguroso y sistemático de la cantería renacentista granadina, siguiendo la metodología empleada anteriormente en otros trabajos similares, como por ejemplo el realizado para la catedral de Murcia (Calvo et al. 2005).

²⁷ Ver también 1958, 1966, 1971, 1973, 1988, 2011.

A continuación, y gracias a las investigaciones previas realizadas por historiadores y arquitectos granadinos (Gómez-Moreno 1892, Gallego y Burín 1982, Jerez Mir 2003, López Guzmán 2006), se muestran las principales obras construidas o rehabilitadas durante el siglo XVI, clasificadas según su tipología constructiva y atendiendo a la idoneidad del objetivo del presente trabajo.

Dentro del inventario de edificios que los autores anteriormente mencionados han catalogado como “correspondientes a la ciudad moderna”, han sido seleccionados aquellos construidos durante el siglo XVI, excluyendo las edificaciones ejecutadas por los moriscos que permanecieron en Granada tras la reconquista, por motivos evidentes. A continuación se enumeran los edificios más relevantes entre las construcciones seleccionadas, clasificados según su uso y la finalidad de su construcción.

Los edificios institucionales, comerciales o de carácter administrativo más significativos construidos en Granada durante el siglo XVI son el palacio de Carlos V, la Lonja de Mercaderes, y la Real Chancillería junto a la Cárcel Alta (fig. 21). De los hospitales y edificios asistenciales destacan el hospital de la Tiña, el hospital de la Santa Cruz u Hospicio Viejo, el hospital de la Misericordia, y especialmente el hospital Real (fig. 22). Durante el siglo XVI se construyeron en Granada multitud de iglesias y edificios religiosos, lo cual es comprensible dada la urgente necesidad de cristianizar la ciudad. Entre todas ellas, destacan las iglesias de San Pedro y San Pablo, San Juan de los Reyes, San Miguel Bajo, Santa Ana, Santos Justo y Pastor, la Capilla Real y la catedral (fig. 23). De la misma manera que fue necesaria la construcción de iglesias, también lo fue la construcción de conventos y abadías donde alojar las distintas congregaciones y órdenes religiosas que se fundaron en la ciudad. Santa Catalina de Zafra, Santa Isabel la Real, el convento de Santa Paula, el convento de la Concepción, el de Santa Inés, las Comen-dadoras de Santiago, o la abadía de las Carmelitas Calzadas y Descalzas (fig. 24). Igualmente se gestó la construcción de monasterios, con la misma finalidad anterior-mente descrita. Entre ellos destaca especialmente el monasterio de San Jerónimo, además del monasterio de la Victoria, el de Santa Cruz la Real y el de La Cartuja, todos ellos destacados en la historia arquitectónica de la ciudad en el siglo XVI (fig. 25).

Además de edificios religiosos, fue muy frecuente la construcción de palacetes y casas nobles por parte de familias adineradas, que, como era habitual en la época, querían mostrar su posición privilegiada a través de la arquitectura. Entre las muchas

construcciones nobles ejecutadas destacan la casa de los Pisas, el palacio de Carvajal, el palacio de Zafra, la casa de Castril, el palacio de los Córdova, la casa de los Marqueses de Cartagena, palacio de los Vargas, casa del Padre Suárez, casa de los Tiros o el palacio de los Condes de Castillejo (fig. 26).

La creación de lugares donde fomentar la formación y la educación fue también un hecho en esta época, por lo que se construyeron diversos colegios, como el colegio Imperial de Santa Cruz de la Fe, el colegio de Niñas Nobles y el colegio de los Jesuitas, actualmente la Facultad de Derecho (fig. 27).

Todos estos edificios clasificados por uso y tipología constructiva se enumeran en su totalidad y con detalle en la tabla presentada al final de esta sección (tabla 1).

Si atendemos a cuestiones estilísticas, resulta prácticamente imposible etiquetar cada uno de los edificios y encasillarlos dentro una tendencia artística determinada, puesto que la gran mayoría se encuentran a caballo entre las formas góticas y las renacentistas, o entre mudéjares y góticas. Incluso, dentro de los propios edificios renacentistas es complicado, en ocasiones, distinguir cuando es un Renacimiento de fondo y forma, o simplemente se relaciona con lo renacentista en lo referente a cuestiones ornamentales. Por tanto, atenderemos únicamente a una clasificación según los sistemas constructivos empleados en su construcción, dado, además, que es esta la cuestión que nos ocupa en la presente tesis doctoral. Como hemos comentado anteriormente, las técnicas constructivas más frecuentes empleadas en la construcción de edificios en Granada son: mampostería y ladrillo, cubrición mediante artesonados, bóvedas de albañilería y bóvedas de cantería renacentista. En líneas generales, los edificios que empleaban mampostería en sus fábricas solían cubrirse con artesonados de madera, puesto que el empleo de bóvedas de albañilería o cantería requería muros con una mayor resistencia, y, como ya hemos apuntado, quedaban reservadas para edificios de gran entidad. Por tanto, la mayoría de edificios construidos en Granada responden a esta tipología constructiva, heredada del arte mudéjar, si bien, en ocasiones, encontraremos edificios en los que se emplean de forma simultánea, si no todas, casi todas las técnicas constructivas mencionadas (Cobrerros 1995).

El artesonado de madera es el sistema de cubrición más empleado en las construcciones ejecutadas en Granada a lo largo del siglo XVI, probablemente por tradición y por cuestiones económicas. En algunos casos, se combina el artesonado

con otros sistemas constructivos, como más adelante veremos, y en otros, el artesonado es el único sistema empleado en la totalidad del edificio. Encontramos cubriciones de madera en todos los edificios relevantes, como el palacio de Carlos V, la Real Chancillería y Cárcel Alta, la lonja de Mercaderes, el monasterio de Santa Cruz la Real, el monasterio de San Jerónimo o el hospital Real; casi todas las iglesias, como San Juan de los Reyes, San Miguel Bajo, el Salvador, Santa Ana, Santos Justo y Pastor; también los conventos en su mayoría, como los de San Francisco, Santa Catalina de Zafra, Santa Inés o Santa Isabel la Real o Santa Paula; y lo mismo ocurre con los colegios y edificios asistenciales, como el colegio Imperial de Santa Cruz de la Fe o el hospital de la Santa Cruz. En el caso de las viviendas nobles y palacetes, todos ellos cuentan con artesonados de madera en sus cubriciones, aunque en algunos casos se combinan con sistemas más complejos como la cantería renacentista, lo cual ocurre, por ejemplo, en el palacio de los Condes de Castillejo (fig. 28).

De la misma manera, las estructuras de albañilería son muy comunes en las construcciones granadinas del siglo XVI, no solo en lo referente a sistemas portantes, sino a cubriciones, arcos, escaleras y demás elementos constructivos. Si bien los edificios más significativos, como el palacio de Carlos V, se ejecutaron fundamentalmente en piedra, existen edificios de cierta relevancia que también incluyen en sus sistemas de cubrición elementos ejecutados con fábricas de ladrillo, como los monasterios de San Jerónimo y la Cartuja, la iglesia de los Santos Justo y Pastor, o la propia catedral y la Capilla Real; así como diversos edificios como el Hospital Real, la facultad de Derecho, algunos de los conventos mencionados anteriormente, y un número reducido de casa nobles y palacetes, como el palacio de Carvajal, o la casa de los Marqueses de Casablanca.

Por último, y como hemos comentado con anterioridad, la cantería queda reservada para unos pocos edificios, cuya relevancia y cuya imagen requieren un sistema más complejo al alcance de sólo unos pocos, tanto por cuestiones económicas, como por la necesidad de contar con los conocimientos necesarios para ello. Encontramos piezas ejecutadas con cantería renacentista en el palacio de Carlos V, la Real Chancillería y Cárcel Alta, el monasterio de San Jerónimo, la catedral, y una pequeña pieza en el palacio de los Condes de Castillejo.

f21. Lonja de Mercaderes. Granada

f22. Hospital Real. Granada

f23. Iglesia de San Pedro y San Pablo.
Granada

f24. Convento de Santa Catalina de
Zafra. Granada

f25. Monasterio de Santa Cruz la Real.
Granada

f26. Casa de los tiros.
Granada

f27. Facultad de Derecho.
Granada

f28. Palacio de los Condes de
Castillejo. Granada

Tipología según uso	Edificios	Estructura portante		Sistemas de cubrición			Ornamentación		
		Mampostería/Ladrillo	Cantería	Artesonado	Albañilería	Cantería	Plateresco	Mudéjar	Clasicista
Edificios públicos	Palacio de Carlos V		x	x		x			x
	Real Chancillería y Cárcel Alta		x	x		x			x
	Lonja de Mercaderes		x	x			x		
Monasterios	Monasterio de Santa Cruz la Real		x	x	x	x			x
	Monasterio de San Jerónimo		x	x	x	x	x		
	Monasterio de La Cartuja		x		x				x
Iglesias	San Pedro y San Pablo		x						x
	San José		x		x			x	
	San Juan de los Reyes	x		x					x
	San Miguel Bajo	x	x	x					x
	Iglesia del Salvador	x		x					x
	San Ildefonso	x		x					x
	San Bartolomé	x		x				x	
	Santa Ana	x		x					x
	San Matías	x			x		x		
	Iglesia de Santiago	x		x				x	
	Capilla Real		x		x		x		
	Catedral		x		x	x	x		x
Conventos y abadías	Santos Justo y Pastor		x		x		x		
	Convento de San Francisco	x		x				x	
	Santa Catalina de Zafra	x		x			x	x	
	Santa Inés	x		x					x
	Convento de la Concepción	x		x					x
	Santa Isabel la Real	x		x				x	
	Convento de la Merced	x	x	x	x			x	
	Convento del Carmen	x	x	x					x
	Carmelitas Calzadas	x		x	x		x	x	
	Carmelitas Descalzas	x	x	x	x				x
	San Francisco el Grande	x	x	x	x				x
	Santa Catalina de Siena	x		x	x				x
	Comendadoras de Santiago	x	x		x				x
	Convento de los Ángeles	x		x	x				x
	Convento de la Encarnación	x		x				x	
	Santa Paula	x		x					x
Colegios y Universidades	Convento de la Piedad	x		x				x	
	Colegio Imperial de Santa Cruz de la Fe		x	x			x		
	Colegio de Niñas Nobles	x	x	x	x		x		
Hospitales	Colegio de los Jesuitas (Facultad de Derecho)	x			x				x
	Hospital de la Tiña	x		x					x
	Hospital de Santa Cruz	x		x				x	
	Hospital Real		x	x	x				x
	Hospital de la Misericordia	x		x				x	
Palacios y Casas de la nobleza	Casa de los Pisas	x	x	x	x				x
	Cuesta de las Arremangadas	x		x				x	
	Casa de Pérez del Pulgar		x	x					x
	Casa de Porras		x	x					x
	Carrera del Darro	x		x				x	
	Casa del Padre Eterno	x		x			x		
	Casa de Agreda	x		x			x	x	
	Cuesta de Santa Inés	x		x			x		
	Palacio de Carvajal	x	x	x	x				x
	San Juan de los Reyes	x		x				x	
	Casa de Castril		x	x			x	x	
	Casa de Latorre	x	x	x	x		x	x	
	Palacio de Zafra	x		x			x	x	
	Palacio de los Córdovas	x		x					x
	Casa del Almirante	x		x					x
	Hospital de Santa Ana	x	x	x					x
	Marqueses de Cartagena		x	x					x
	Palacio de Abrantes	x		x			x	x	
	Escudo del Carmen	x		x					x
	Laurel de San Matías	x		x					x
	Casa de Navas	x		x				x	
	Marqueses de Casablanca	x		x	x			x	
	Casa del Padre Suárez	x		x					x
	Casa de los Tiros		x	x	x				x
	Palacio de los Condes de Castillejo		x	x	x	x	x		x
	Casa de Ruiz de Corcuera	x		x				x	x
	Palacio del Almirante de Aragón	x		x	x				x
	Palacio de los Vargas	x		x	x				x
	Palacio de Caicedo	x		x					x
	Loarte	x		x					x

Tras analizar los sistemas constructivos de las distintas edificaciones catalogadas, observamos que en un gran número de ellas aparece la cantería renacentista en elementos concretos como muros y arcadas, combinados con otros sistemas en la cubrición de espacios, como la albañilería o el artesanado de madera. Por tanto, en la clasificación realizada, solo se atienden a los sistemas constructivos de bóvedas y elementos de cubrición, para evitar así confusiones con el resto de elementos estructurales, o incluso decorativos, de los edificios.

Tras la catalogación en función de los sistemas de cubrición de los edificios analizados, encontramos piezas singulares de cantería en los siguientes edificios:

- Monasterio de San Jerónimo (1525)
- Catedral (1528)
- Palacio de Carlos V (1533)
- Chancillería (c. 1535)
- Palacio de los Condes de Castillejo (c. 1550)

De esta manera, quedan representadas las construcciones de las distintas tipologías, arquitectura conventual, religiosa, palacial, institucional y doméstica, en las cuales, como veremos más adelante, encontramos elementos pétreos de distinta naturaleza geométrica que conforman un abanico muy representativo de las piezas de cantería renacentista ejecutadas en Granada a lo largo el siglo XVI. Es importante recordar que la selección se ha llevado a cabo en función de la singularidad de las piezas, por lo que estos edificios no son los únicos que contienen piezas de cantería en Granada, sino los que contienen las piezas singulares escogidas para la investigación que nos ocupa. Un ejemplo es el Monasterio de Santa Cruz la Real. Si bien encontramos algunos arcos y capialzados ejecutados en cantería renacentista, las grandes piezas del edificio, como las escaleras y sus bóvedas, fueron ejecutadas en ladrillo²⁸.

²⁸ Dado que no se han realizados catas para comprobar el sistema constructivo empleado, nos hemos basado en las conclusiones obtenidas tras la observación ocular, que vienen a coincidir con las elaboradas por los historiadores en base a la documentación existente (López y Gila 1992).

2.2. Cantería renacentista en Granada

«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 lineamentos de las trazas de monte [...] me pareció ponerlas por escritura [...] especialmente sabiendo la necesidad que el arte de arquitectura tiene de estas dichas trazas de monte por ser principal parte suya»

Ginés Martínez de Aranda, c. 1600. *Cerramientos y trazas de monte*.

2.2.1. La cantería como novedad constructiva

Como sabemos, el Renacimiento es un movimiento artístico y cultural originado en Italia, que se extendería internacionalmente por los distintos países de Europa siendo acogido e interpretado de forma diferente según la tradición artística y constructiva de cada uno de ellos. Una de las peculiaridades que presenta la interpretación española del Renacimiento italiano, y que marcará la gran diferencia entre ambos desde el punto de vista constructivo, es la utilización de la piedra como principal material de construcción en la mayor parte de la práctica arquitectónica de nuestro país. Esta cuestión es, desde luego, un hecho importante, puesto que no es un tema superficial de forma, sino que atañe al sistema estructural empleado, entendiéndose éste de forma radicalmente distinta a la tradición italiana. Mientras en Italia se desarrolla principalmente la técnica de la albañilería basada en la construcción con ladrillo, en España será la cantería la técnica empleada con mayor frecuencia en la ejecución de obras singulares y edificios significativos a lo largo del siglo XVI (Gómez-Moreno 1941; Palacios 1986, 1987, 2003; Rabasa 2000, 2007; Calvo 1999, 2005a). No es este un rasgo exclusivo del Renacimiento español, puesto que en otros países, como Francia, también se conservó la tradición medieval de la construcción en piedra, que sobrevivió a las nuevas tendencias importadas de Italia y que se llegó a convertir en una forma de entender la arquitectura, más allá de un simple método constructivo. Como señalaba Pérouse de Montclos (1982), la riquísima tradición francesa de construcción pétreo sólo encuentra un término de comparación en nuestro país. Los maestros castellanos debieron adaptar, por tanto, estos conocimientos técnicos de cantería medieval a la nueva corriente artística, con nuevas formas y modelos provenientes de Italia, para sustituir progresivamente las nervaduras ojivales por las superficies cilíndricas y esféricas cuya base era el arco de medio punto.

La principal diferencia entre la albañilería y la cantería es la necesidad en ésta última de un despiece previo de las dovelas, como más adelante veremos. Sin embargo, este rasgo no es exclusivo de la cantería renacentista. La construcción medieval en piedra también requería la organización de un despiece, y la correcta labra de sus piezas, aunque los procedimientos se transmitan por tradición oral (Rabasa 1996). El nuevo estilo renacentista aporta novedades, no sólo en cuestiones estilísticas, sino en la forma

de entender el arte de la cantería, centrándose en la forma ideal de la pieza particular en lugar de la forma general de la estructura.

El arco apuntado, forma esencial de la arquitectura gótica, presenta únicamente un tipo de dovela, puesto que se forma por la unión de dos ramas de arco de medio punto. Para labrar una de las dovelas del arco apuntado, no hay más que trazar un arco de circunferencia de manera que viene dado el radio de curvatura de la cara de lecho de la dovela. Por tanto, basta con una plantilla para marcar las molduras, que en cualquier caso, no es un resultado, sino un dato más del proceso, por lo que el cantero puede trazarla a placer, sin obedecer a reglas geométricas preestablecidas. Por tanto, las técnicas constructivas medievales parten de la forma resultante, de manera que el acoplamiento de dovelas iguales facilita la ejecución del arco apuntado gótico siendo innecesario, por tanto, la concepción previa del despiezo geométrico exacto de la pieza de cantería. En la arquitectura renacentista se invierte el orden de las operaciones, de manera que la forma de la pieza está previamente diseñada, por lo que es preciso adaptar el sistema constructivo a esta geometría preconcebida. En palabras de Choisy (1899, p.704):

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.

Auguste Choisy, 1899. *Histoire de l'Architecture*.

A lo largo del siglo XVI ambos sistemas, cantería medieval y renacentista, convivirán incluso se combinarán dando lugar a una cierta continuidad a pesar de ser procedimientos distintos, lo cual genera una situación muy especial desde el punto de vista constructivo, como veremos más adelante en el estudio detallado de algunas de las piezas analizadas. Un ejemplo de este mestizaje constructivo entre técnicas medievales adaptadas a formas clásicas es la adaptación de la bóveda ojival con nervaduras góticas a la superficie esférica renacentista, de manera que los nervios pasan a ser secundarios, prácticamente ornamentales, mientras que la plementería constituye el sistema estructural sustentante de la bóveda (Palacios 1987). Otro ejemplo notable ejemplo de esta transición constructiva es la bóveda “por cruceros”, que se intenta adaptar a las formas clásicas el esquema constructivo gótico mediante una retícula ortogonal sobre la que apoya una plementería ligera permite materializar

bóvedas de casetones, y que analizaremos de forma más detallada a lo largo de este trabajo.

El rasgo que más claramente define la ruptura entre cantería y albañilería es probablemente el tamaño de las piezas unitarias empleadas, el ladrillo en albañilería y la dovela en cantería. El ladrillo es una pieza relativamente pequeña con respecto a la superficie configurada en fábricas y bóvedas, de manera que todos los ladrillos pueden ser iguales, convirtiéndose en piezas indiferenciadas y repetitivas. De esta manera, cualquier superficie geométrica puede ejecutarse mediante la unión de todos los ladrillos gracias al uso de un mortero resistente. En la cantería, al contrario, el proceso es bien distinto, puesto que la dovela tiene un tamaño notablemente superior respecto a la superficie construida, lo cual requiere la definición exacta de la forma y dimensiones de cada una de las piezas para asegurar el acoplamiento entre dovelas. Por tanto, el uso de la piedra obedece a algo más allá de la materialidad, puesto que sería posible reducir el tamaño de las dovelas recurriendo a un sistema similar a la albañilería y ejecutando piezas con apariencia pétrea sin tener que diseñar la geometría de las piezas (Palacios 1987).

Además, las fábricas de piedra y albañilería suelen presentar, en general, problemas de estabilidad y no de resistencia, de manera que el punto crítico a tener en cuenta es, principalmente, la forma de la estructura en su conjunto. Por estos motivos, en estas construcciones los problemas a resolver son, fundamentalmente, de carácter geométrico (Calvo 2005a). La piedra de cantería presenta un problema específico que no plantean otros materiales: la necesidad de dividir el objeto a construir en sillares y dovelas de tamaño adecuado para su transporte y colocación en obra con los medios disponibles. Si el objeto va a ser construido en albañilería, el problema se obvia empleando una pieza estándar de tamaño reducido y confiando la adaptación a la forma de la estructura mediante el mortero de junta. Sin embargo, en las obras de cantería es preciso concebir, con anterioridad a la ejecución, un esquema de división en piezas o despiezo.

Todas estas cuestiones, el tamaño de las dovelas y la estabilidad formal, implican que la geometría de cada pieza de la obra a construir debe ser previamente diseñada, estableciendo un esquema de despiezo, pues es necesario que todas las piezas encajen correctamente en la posición deseada y que permita la colocación de las restantes dovelas, según el despiezo previsto. La forma y tamaño de estas piezas debe

ser tal que su ejecución sea relativamente fácil, y además, las juntas deben de colocarse de manera que las tensiones internas no provoquen fallos por deslizamiento. Este diseño previo de cada una de las dovelas será posible gracias a distintas operaciones geométricas mediante las cuales, el maestro cantero renacentista, calculará las dimensiones y la forma de cada una de las caras de la dovela para proceder a la talla de la misma.

El término estereotomía es un neologismo relativamente moderno, que designa lo que antes se conoció como Cortes de piedra o de Cantería, o Trazas de Montea (Rabasa 1996). La estereotomía de la piedra, o arte de la montea y corte de piedras, es la disciplina que estudia las trazas y procesos de labra necesarios para la ejecución de piezas de cantería. Se ocupa por tanto de la forma y construcción pétreo, e incluye el conjunto de conocimientos geométricos y gráficos abstractos en relación con las proyecciones y desarrollos, y su aplicación al corte de piedras. Tiene por objeto la división o despiezo más conveniente de un elemento en piezas de menor tamaño tal que sean fáciles de obtener y manejar, definiendo su geometría de manera que, una vez colocadas en obra, exista suficiente trabazón y enlace que garanticen la estabilidad y resistencia del conjunto (Calvo 2011a).

Este problema fundamentalmente geométrico adquiere aún mayor notoriedad si tenemos en cuenta la gran complejidad que puede llegar a tener cada una de estas piezas. Las operaciones geométricas necesarias en la labra de piedras son de gran interés, no solo en lo que respecta al diseño de dovelas, sino por el hecho de que gracias a ellas, los maestros canteros renacentistas sentaron las bases de la geometría. Si bien la geometría descriptiva se considera una disciplina de origen principalmente francés, podemos pensar que nuestro país jugó un papel importante en el desarrollo de la misma, si tenemos en cuenta la importancia de la cantería en España como principal sistema constructivo durante el siglo XVI.

Una vez solucionado el diseño geométrico de cada dovela, el problema surge en la transmisión de sus datos formales y dimensionales, destinadas al personal de cantera que, suponemos, no eran profesionales especializados en la lectura de planos. Para ello se utilizarían patrones de cada una de las caras de las dovelas, que variarían en función de la complejidad de éstas. Este sistema de transmisión de datos presenta ciertas implicaciones interesantes. Por un lado, parece lógico pensar que estos patrones se realizaran a tamaño natural para proceder a la talla de la piedra, dadas las imperfecciones e inexactitudes que puede provocar el escalado de los mismos si se

confeccionan a escala reducida en primer lugar. Por tanto, los dibujos del maestro cantero serían reproducidos a tamaño natural durante el transcurso de la obra, de manera que los patrones se ejecutarían con mayor exactitud (Bails 1802) (fig. 29). En ese caso, sería una práctica frecuente realizar los trazados en suelos o paredes mediante compases o cordeles de gran tamaño (Jiménez Martín y Pinto 1993). En España e Inglaterra, esta práctica dio lugar a la creación de espacios destinados específicamente a los trazados. Actualmente se han conservado los de las catedrales de York y Sevilla, y existen pruebas documentales de la existencia de casas de la traza en El Escorial y en la catedral de Granada (Wilkinson 1983-1984, Calvo 2005a, p. 20).

Por otro lado, este sistema de transmisión mediante patrones posibilita que el arquitecto controle la ejecución de las piezas sin necesidad de estar siempre presente en la obra, lo cual justifica la gran actividad constructiva de algunos arquitectos renacentistas durante el siglo XVI, puesto que el maestro cantero podría ejecutar los patrones en cualquier lugar y enviarlos a las obras, donde se tallarían según su geometría.

En cuanto a los instrumentos utilizados en el corte de piedras, algunas han llegado hasta nuestros días, como cinceles, sierras, martillos y picos de desbaste, etc. Sin embargo, los instrumentos de cantería más importantes son aquellos que permiten realizar los cortes oportunos de las dovelas para que éstas queden perfectamente acopladas entre ellas o con los planos de fachada, generando las concavidades y derrames oportunos. Estos son los baiveles y saltarreglas, instrumentos de confección fácil, probablemente en madera, que consisten en meras escuadras con un brazo recto, mientras que el otro puede adoptar distintas curvaturas. El baivel tiene su articulación siempre fija, si bien es cierto que en los tratados franceses, comenzando por Philibert de l'Orme (1578 -1591), se representan baiveles articulados, y sirve para tallar las concavidades de las dovelas; mientras que la saltarregla presenta el ángulo articulado, lo cual, en definitiva, la convierte en un transportador de ángulos cuya misión está ligada al corte de las testas de las dovelas para que se adapten a los paños verticales. Es curioso el hecho de que, tanto los patrones como algunos de estos utensilios, como el baivel, eran fabricados de forma específica para cada bóveda o pieza de cantería, pasando a ser inservibles una vez finalizada la obra. Por tanto, los instrumentos de labra ofrecen tanta información constructiva de la pieza como los propios patrones.

Existen dos métodos distintos para el tallado de las dovelas, y según el que se ejecute, los patrones y datos geométricos a tener en cuenta pueden ser distintos. Si bien, es cierto que no todas las formas geométricas pueden ser obtenidas mediante ambos métodos (Palacios 1987, 2003; Rabasa 2000, 2007; Calvo 1999, 2005a).

El método de corte de piedras “por robos” o “por escuadría” se basa en el empleo de proyecciones ortogonales sobre planos verticales y horizontales. Este sistema consiste, como su nombre indica, en robar al prisma de piedra contenedor de la dovela el material residual que rodea a la silueta de la testa de la dovela. Después de proyectar el contorno de cada dovela tanto en planta como en alzado, el cantero utiliza una escuadra para labrar planos verticales al apoyarse en un plano horizontal, o cualquier plano perpendicular al plano frontal, conocidos como planos de canto; e incluso superficies de generatrices verticales o perpendiculares al plano frontal. De esta manera, el cantero puede emplear plantillas con la forma y magnitud de las caras de las dovelas. Estas plantillas pueden ser rígidas o flexibles. Las plantillas rígidas se obtienen mediante abatimientos o triangulaciones, o flexibles, que se corresponden con el desarrollo exacto o aproximado de la superficie de intradós de la dovela. En general se emplean plantillas rígidas en piezas sencillas como arcos y capialzados, mientras que las flexibles se destinan a bóvedas con trazados más complejos (De l’Orme 1567, Vandelvira c. 1580, Martínez de Aranda c. 1600, Montclos 1982, Palacios 1986, Rabasa 2000, Calvo 1999). En piezas donde todas las dovelas son iguales, como por ejemplo una bóveda de cañón, bastará con un único patrón rectangular, o plantilla, para ejecutar la talla de todas ellas. En cualquier caso, cada dovela necesitará su recuadro correspondiente para que, al aplicar el patrón en dirección ortogonal, se produzca la arista correcta que permita el enlace entre las dos hiladas (fig. 30).

En el método de corte directo o “por caras” se parte del patrón rectangular obtenido por la proyección plana de una de las dovelas. Para ello es preciso construir un baivel consistente en una escuadra fija de dos brazos, uno curvado con el mismo radio de la bóveda otro recto, orientado hacia el centro de la misma. Mediante el uso del baivel y el patrón de la cara de intradós se descantilla la piedra que queda fuera del ángulo de éste, obteniendo así la curvatura interior y la inclinación de una de sus caras. A continuación, y repitiendo este proceso por el otro lado, se obtendrá la inclinación de la otra cara (fig. 31).

f29. Trazados en la sacristía de la catedral de Murcia. Levantamiento de M. A. Alonso y P. Natividad en "Surveying a Sixteenth-Century Full-Scale Working Drawing. The Tracing for the Sail Vault at the Vestry of Murcia Cathedral" (2013)

f30. Labra por robos. Cerramientos y trazas de monte de Ginés Martínez de Aranda (Calvo1999)

f31. Labra de una dovela por baivel o método directo. Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español (Palacios 1990)

2.2.2. Tratados y manuscritos de cantería renacentista

Como sabemos, el Renacimiento y su llegada a la península trajo consigo la importación de nuevos criterios y tendencias arquitectónicas que derivó en la aparición de textos y tratados cuya función consistió en difundir estos nuevos cánones estéticos y constructivos. De forma paralela, y dada la aparición de nuevos sistemas constructivos empleados en nuestro país, a lo largo del siglo XVI fueron apareciendo una serie de textos de carácter práctico, en Francia y España principalmente, acerca de los problemas propios surgidos ante la necesidad de construir en piedra formas desconocidas para la tradición medieval, y por ende, ante la complejidad de estos trazados. Algunos se dieron a conocer gracias a la imprenta, y otros fueron difundidos por medio de manuscritos.

Como ya se ha comentado, en las fábricas, bóvedas y demás construcciones en piedra de cantería es necesario concebir, antes de la ejecución, un esquema de división en sillares o dovelas con ciertos requisitos. La estereotomía de la piedra, o arte de la montea y corte de piedras, es la disciplina que estudia las trazas y procesos de labra necesarios para la ejecución de esas piezas de cantería. Sobre estas cuestiones, se abre un debate a lo largo del siglo XVI, y ante la necesidad de construir en piedra formas desconocidas durante la época medieval y la complejidad de los trazados en los cortes de la misma, comienzan a surgir en España, así como en Francia, textos especializados sobre el tema. Algunos de estos tratados que estudiaron los cortes de la piedra e influyeron en el Renacimiento español son, por ejemplo, el *Premier tome de l'Architecture* de Philibert de L'Orme (publicado en París en 1568; edición facsímil de Pierre Mardaga en 1648), los manuscritos de Hernán Ruiz (entre 1545 y 1562; edición facsímil de Pedro Navascués en 1974) y Rodrigo Gil de Hontañón (original de 1540, copia de Simón García en el siglo XVII y publicación de Camón Aznar en los años 40), el *Libro de trazas de cortes de piedras* o *Tratado de arquitectura* de Alonso de Vandelvira (realizado entre 1575 y 1591, copia en 1646 por Felipe Lázaro Goiti y copia por Bartolomé Sombigo y Salcedo en 1671 transcrita por Genevieve Barbé-Coquelin de Lisle en 1973), y el manuscrito *Cerramientos y trazas de montea de Ginés Martínez de Aranda* (original de finales del quinientos conservada en la Biblioteca de Ingenieros del Ejército), entre otros. De ellos, merecen mención especial los escritos de

Vandelvira, De L'Orme y Aranda. Estos han sido publicados en ediciones facsímiles y concretamente L'Orme y Vandelvira han sido estudiados desde el punto de vista de la geometría aplicada. En cuanto al resto, podemos decir que, aunque han sido igualmente influyentes y tratan el tema del corte de la piedra, lo hacen de una manera menos profunda.

Desde el renacimiento hasta el siglo XIX fueron poco a poco apareciendo otros textos, como el de Derand, *L'Architecture des voutes ou l'art des traits et cope des voutes* (Derand, 1643), *Architettura Civile* de Guarino Guarini en 1737, o *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 a l'usage de l'architecture* de Frézier (1737), que recogen y adaptan algunas de las soluciones expuestas en los tratados renacentistas mencionados anteriormente, quizá por influencia de los mismos, o, ante la escasa difusión de algunos de ellos, por iniciativa propia. En la misma línea surgen escritos como los de Villard de Honnecourt o Mathourin Jousse. Hasta aquí los avances son graduales pero constantes. Sin embargo, la obra de Benito Bails (1802) *Diccionario de Arquitectura civil* no aporta grandes novedades con respecto a los anteriores. También es importante destacar otras obras sobre construcción de la arquitectura medieval, escritas por Eugene Emmanuel Viollet-le-Duc (1854) o Choisy (1899).

Todos los tratados, cuadernos o apuntes de cantería renacentista exponen la materia mediante colecciones de *trazas* o *cortes* resueltos de forma individual, mientras que los métodos y demostraciones geométricas se muestran en contadas ocasiones. Cada una de estas trazas o soluciones geométricas expuestas recibe un nombre que define la naturaleza constructiva de la pieza que trata de resolver, arcos, bóvedas, escaleras, etc. En algunas ocasiones, además, se citan obras ejemplos concretos de la práctica constructiva que incluso dan nombre a la pieza representada en casos muy concretos y especiales. La distribución geográfica de estos arquetipos es un claro indicio del interés que despertó esta cuestión en España y Francia, países entre los cuales debió producirse un gran intercambio de conocimiento. De hecho, muchas de las acepciones empleadas para denominar ciertas piezas son traducciones literales, si bien no conocemos con certeza si es el francés o el español el idioma original. En cualquier caso, muchos de los términos empleados en la cantería española son importados del francés, como *saltrarregla*, *robar*, *decenda*, *adulcir*, *engauchido*, *montea*, *painel*, *talus*, *dobela*, *bolsor*, *çercha*, o *baível*. Sin embargo, en el vocabulario arquitectónico y

constructivo encontramos algunas piezas que se materializan antes en España que en Francia, por ejemplo, las bóvedas vaídas, muy frecuentes en España a lo largo del siglo XVI, pero no tanto en el Renacimiento francés (Calvo 2005a, p. 22).

En cualquier caso, tanto en Francia como en España, la traza de monte llega a considerarse como disciplina científica, llegando a convertirse en uno de los principales conocimientos que debe poseer el arquitecto. Por tanto, la gran importancia de los textos de cantería no reside únicamente en su utilidad para resolver cuestiones prácticas, sino en cuestiones más profundas. El verdadero prestigio de la traza de cantería se debe a la posibilidad que brinda al arquitecto de mostrar su destreza al frente de problemas geométricos, diferenciándose así del simple cantero.

Más recientemente se han realizado investigaciones y estudios de estos tratados y manuscritos sobre las técnicas de construcción en piedra del renacimiento, cuyos resultados han dado lugar a trabajos como *La intervención de Rodrigo Gil de Hontañón en el manuscrito de Simón García* de José Camón Aznar en 1941; en los años setenta *El manuscrito de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven* de Navascués, y el trabajo de Fernando Chueca (1971) *Andrés de Vandelvira. Arquitecto*.

Algo después aparecerían *L'architecture a la française* de Pérouse de Montclos y *Gótico y Renacimiento en la arquitectura española del siglo XVI* de Hoag. José Carlos Palacios Gonzalo nos ofrece en su libro *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español* una revisión general de la construcción en piedra en el largo siglo XVI centrándose en la figura de Vandelvira y su tratado. Por último, y más recientemente, la tesis doctoral de José Calvo López, *Cerramientos y trazas de monte de Ginés Martínez de Aranda* en 1999. Todos estos trabajos constituyen una revisión de tratados y manuscritos concretos escritos durante el renacimiento por diversos autores, desde los conocimientos geométricos que hoy conocemos, por tanto su apoyo será de gran utilidad a lo largo de este trabajo.

En general, podemos decir que cada tratado expone las formas de manera independiente y algunos, los más precisos y apoyados en conocimientos de geometría, proponen las demostraciones o desarrollos geométricos de la volumetría. Por tanto, la necesidad de adaptar formas canteriles a la nueva arquitectura renacentista supuso un importante fenómeno cultural que permitió una jerarquización profesional en la construcción de edificios, desde el maestro tracista hasta los canteros. Nos encontramos, pues, ante un importante cambio, una fusión entre arte y técnica, entre

Medievo y Renacimiento. De todos estos tratados tiene especial interés para el presente trabajo el de Alonso de Vandelvira, puesto que refleja fielmente la obra de su padre, Andrés de Vandelvira, e indirectamente la de otros maestros del Renacimiento del sur de España.

En cualquier caso, todos los tratados anteriores influyeron claramente sobre los arquitectos españoles del Renacimiento; si bien no se publicaron pronto, sí que se divulgarían sus principios desde comienzos del siglo XVI.

En general podemos afirmar que la arquitectura del Renacimiento en España nunca ha dejado de revisarse y analizarse. Concretamente en las últimas décadas son numerosos los estudios que han tratado este tema, basándose fundamentalmente en la documentación y las fuentes existentes en los diversos archivos, los tratados, los manuscritos, etc. Pero no hay que olvidar que los constantes avances en torno a los métodos de observación y toma de datos in situ han colaborado sustancialmente y beneficiado la investigación sobre la construcción renacentista en piedra, sirviendo como base igualmente válida junto a la documentación escrita. Todos estos estudios, quizá más detallados y experimentales, aunque recordemos que no dejan de basarse en escritos de corte teórico, constatan, por ejemplo, las ya de por sí notables diferencias entre el estilo utilizado en el norte de la península, quizá más conservador y arraigado en la tendencia medieval, y el carácter abierto e innovador del sur, más creativo y dispuesto a la acogida de las nuevas tendencias provenientes de la vecina Italia. Por otra parte, estos trabajos también muestran la clara relación entre la obra construida y los textos y tratados de construcción escritos durante el siglo XVI, siendo innegable el importante papel que desempeñaron en este período dichos tratados y sobre todo los manuscritos de construcción, concretamente los de cantería.

Como sabemos, la corriente tratadística en la Península también tiene un carácter principalmente práctico, no teórico como en los tratados italianos, debido a la importancia que cobra en España la cantería renacentista y la traza de monte. Todos estos tratados que surgen sobre cantería retoman una larga tradición medieval que viene desde el Románico, manteniendo como rasgo común su carácter fuertemente práctico, para su aplicación directa en la construcción de arcos y bóvedas, y donde tienen más protagonismo los desarrollos gráficos sobre los textos explicativos.

A continuación se detallan los principales textos de cantería elaborados durante los siglos XVI y XVII en España y Francia.

El *Libro de Arquitectura* de Hernán Ruiz el Joven (1545 - 1562)

El primero de los textos, que aun siendo teórico de base incluye nociones prácticas, es el *Libro de Arquitectura* de Hernán Ruiz el Joven, que según Pedro Navascués (1974) el debió de escribirse en Sevilla entre 1545 y 1562. Se trata de un cuaderno personal que incluye un conjunto de enseñanzas sobre los conocimientos propios del arquitecto renacentista, es decir, geometría, órdenes clásicos, perspectiva, proporciones, etc., en tono humanista. La obra consiste en comentarios y reflexiones del autor sobre textos y dibujos propios de Vitruvio, Alberti y Serlio, lo cual nos induce a pensar que no debió concebirse esta obra para ser publicada, sino como un manual de taller, puesto que la inclusión de extractos de otras obras anteriores y la escasez de textos explicativos no hacen de esta obra un libro preparado para la imprenta. Además, el libro ofrece una traducción parcial del libro de Vitruvio (1414). En cualquier caso, en lo referente a la materia que nos ocupa, el libro incluye nociones de geometría abordando cuestiones tratadas en otros textos como el trazado de óvalos y elipses. Hernán Ruiz recoge los cuatro óvalos serlianos, expone un procedimiento para obtener puntos de una elipse tomado de Serlio, que será recogida posteriormente por Vandervelde y Aranda, e incluye, además procedimientos propios. Igualmente incluye 18 dibujos que pueden entenderse como trazas geométricas de cantería (Gómez-Moreno 1949, p. 11-12; Navascués 1971, p. 296), si bien no es esta la finalidad principal del manuscrito. Además, el libro presenta la peculiaridad de que casi todas las soluciones expuestas se resuelven “por robos”, es decir, por proyecciones y no “por plantas”, basado en abatimientos, y que será el método más empleado en los textos posteriores (fig. 32).²⁹

El manuscrito de Rodrigo Gil de Hontañón (c. 1570)

Debió redactarse en la misma época el cuaderno de Hernán Ruiz, si bien, como sabemos, fue recogido por Simón García en su *Compendio de Arquitectura y Simetría*

²⁹ Pueden considerarse problemas de tomotecnia los de los f. 46 v., 47, 47 v, 68, 147, 147 v, 148, 148 v, 149, 149 v, 150, 150 v., 151, 152 y 152 ., los dos dibujos del f. 67 v, y con reservas, el f. 70. Existen otros folios donde se citan saltarreglas y “baybeles”, pero no se pueden calificar en sentido estricto de trazas de cantería porque no se refieren con claridad al problema del despiece (Calvo 1999, p. 77).

de los Templos, datado en torno a 1681. No conocemos con exactitud qué partes concretas del *Compendio* son obra de Gil de Hontañón, puesto que como el mismo Simón García (1681) dice en el prólogo de su obra, “muchacha parte de este Compendio” es de Rodrigo Gil de Hontañón, sin entrar en más detalles. Además, los estudiosos e historiadores no han conseguido ponerse de acuerdo en cuánto hay de Hontañón en el texto de Simón García, y con qué capítulos se corresponde, si bien, la mayoría de autores identifican la contribución de Rodrigo Gil con los seis primeros capítulos del *Compendio* (Camón 1941, p. 301-305 Gómez-Moreno 1949, p. 11-12; Sanabria 1982, p. 282).³⁰ En cualquier caso, debemos destacar del manuscrito el capítulo VI, donde se abordan una serie de fórmulas para el dimensionado de arcos, cuyo autor podría ser Rodrigo Gil en virtud de las conclusiones de distintos autores recogidas por José Calvo (1999, p. 79).

Premier Tome de l'Architecture de Philibert de L'Orme (1567)

Es el primer texto impreso que trata el arte de la cantería y la traza de monte, cuestión que se aborda en los libros tercero y cuarto. Se publica en 1567 bajo la autoría del arquitecto francés Philibert de L'Orme, y presenta avances sustanciales con respecto al manuscrito de Hernán Ruiz. Además de contener un mayor número de trazas, las aborda desde una técnica distinta, predominando el método de labra “por plantas”, basado en abatimientos, frente al método “por robos”, basado en proyecciones. La difusión y la influencia de este texto en nuestro país son cuestiones muy discutidas, puesto que no se conocen citas explícitas a este trabajo en los trabajos similares del siglo XVI. Sin embargo, encontramos traducciones literales de algunas de sus trazas en manuscritos españoles como el de Vandelvira, Rojas o Aranda, si bien es cierto que estos amplían, en la medida de lo posible, las soluciones aportadas (Calvo 2014) (fig. 33).

³⁰ Según Camón Aznar (1941, p. 301) el material tomado de Gil de Hontañón se puede identificar con los capítulos I a VI. Gómez-Moreno (1949, p. 11) le atribuye los capítulos I a IV, y quizás los XVIII y LXXV. Sanabria (1982, p. 282) rechaza la atribución del XVIII, acepta las del V, VI y LXXV y añade un dibujo al final del XVI. Bonet Correa (1979, p. 180) acepta que los cuatro primeros capítulos responden en lo sustancial al pensamiento de Rodrigo Gil.

El *Libro de traças de cortes de piedra* de Alonso de Vandelvira (1578 - 1589)

El manuscrito de Alonso de Vandelvira es el texto de cantería más conocido, y está dedicado íntegramente al corte de piedras. La cantería, tradicionalmente arraigada en el norte de la península, encuentra en Andalucía oriental un importante foco de actividad que da lugar a la aparición de Alonso de Vandelvira, arquitecto, como el autor de una minuciosa recopilación mediante métodos serios de una serie de modelos constructivos, avalados por la experiencia de su padre principalmente. El texto, *Libro de traças de cortes de piedra*, se redactó a finales del siglo XVI, probablemente entre 1578 y 1589 (Barbé-Coquelin de Lisle 1977, p. 18-19). Desaparecido el original, se conservan dos versiones manuscritas, en la Biblioteca Nacional y en la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid, éste último más completo que el primero (Barbé-Coquelin de Lisle 1977; Gómez-Moreno 1949; Calvo 1999, 2009b). En general, es una obra homogénea y ordenada, tanto por los métodos de trazado empleados como por la redacción y el grafismo. Dividido en 141 títulos ordenados de menor a mayor dificultad, Vandelvira expone sus soluciones a todos los problemas constructivos renacentistas, definiendo en primer lugar el arte de la traza de cortes de piedras. Aunque con posterioridad aparecerán tratados igualmente completos, es el más estudiado, y el primero en abordar esta cuestión de forma tan profunda y extensa, incluyendo piezas de muy diversa naturaleza geométrica clasificados en pechinas, trompas, arcos, decendas de cava, troneras, capialzados, caracoles, escaleras, bóvedas incluyendo capillas, triángulos y rombos, ochavos y patios. Si bien Alonso de Vandelvira hace referencias explícitas a diversas obras ejecutadas por su padre (Palacios [1990] 2003), el manuscrito incluye un gran número de ejemplos contruidos por otros autores, como es el caso de la escalera de la Chancillería, o diversas piezas de la Diócesis de Cartagena atribuibles a Jerónimo Quijano (Gutiérrez-Cortines 1987, p. 137, 155, 161-167, 279-352) (fig. 34).

***Teórica y práctica de fortificación* de Cristóbal de Rojas (1598)**

El manuscrito de Cristobal de Rojas fue publicado en 1598, e incluye diez trazados de cantería en el capítulo VIII de la tercera parte, si bien no apoya con texto las soluciones expuestas. En algunos de sus dibujos se nota claramente la influencia directa del *Libro de trazas de cortes de piedras*, sin embargo Rojas muestra trazas desvinculadas de la tónica de Vandelvira, ofreciendo soluciones mucho más prácticas. Además, el tratado

contiene trazas que directamente no aparecen en el texto de Vandelvira, pero sí en el de Aranda, como por ejemplo el “Arco abocinado” (Rojas 1598, f. 99r; Aranda c. 1600, pl. 33). En este punto es importante destacar la estrecha vinculación del texto de Rojas con el de Aranda, conteniendo ambos ideas y expresiones muy similares (Calvo 1999, p. 85) (fig. 35).

***Cerramientos y trazas de montea* de Ginés Martínez de Aranda (1598 - 1608)**

Ginés Martínez de Aranda, arquitecto de Baeza y cantero, maestro mayor de las catedrales de Cádiz y Santiago de Compostela, redactó un manuscrito llamado *Cerramientos y trazas de montea*, que trata, como el de Vandelvira, los problemas geométricos de la construcción en piedra de forma ordenada y bastante amplia. Escrito entre los últimos años del siglo XVI y los primeros del XVII, manuscrito fue conocido gracias a diversos autores del siglo XVIII, aunque se dio por perdido durante algún tiempo (Calvo 2009, p. 87-101). El manuscrito, del que se conserva una copia parcial en la Biblioteca de Ingenieros del Ejército, hoy el Instituto de Cultura e Historia Militar (Calvo 2009, p. 2), contiene 250 planas organizadas en cinco partes: arcos, capialzados y puertas, caracoles y escaleras, pechinas y bóvedas, y capillas y ochavos: aunque solo se conocen las dos primeras y una parte de la tercera. En general, es bastante evidente la influencia de DeL’Orme y Vandelvira en los *Cerramientos*, si bien se nota cierta evolución con respecto a ellos en algunas cuestiones. Un ejemplo es el mayor número de soluciones propuestas en las familias de arcos y capialzados, así como la sutileza en las correcciones, un mayor énfasis en los detalles y la precisión, etc. Esto muestra la intención de Aranda de ir un paso más allá y afinar las propuestas de De L’Orme y Vandelvira. De hecho, apenas se advierten errores en las trazas conocidas de éstos, si bien no ocurre lo mismo en las aportaciones propias de Aranda, donde se observan algunas inexactitudes. Siguiendo la escuela de Rojas, Aranda aborda soluciones inexistentes en el texto de Vandelvira, como el “Arco abocinado” ofreciendo no una, sino ocho variantes de esta pieza, y combinándolo con esviajes y paramentos curvos (fig. 36).

Apuntes de Alonso de Guardia (c. 1600)

No podemos considerar el manuscrito de Alonso de Guardia como un cuaderno personal, sino más bien como un borrador de apuntes y notas redactados de forma desordenada en páginas sueltas de un ejemplar del libro *Imprese di diversi Principi, duchi, signori, e d'altri personaggi et huomini illustri*, publicado por Battista Pittoni en 1566. Apenas se conocen datos de la vida de Alonso de Guardia, pero se le atribuyen estas anotaciones puesto que su nombre aparece en varias ocasiones a lo largo del texto. Entre sus dibujos encontramos un trazado similar, pero ampliado, a un dibujo de Cristóbal de Rojas, por lo que los apuntes de Guardia deben ser posteriores a éste, situándose a principios del siglo XVII. Aunque el cuaderno contiene anotaciones sobre temas más genéricos como los órdenes clásicos, está casi enteramente dedicado a las cuestiones de cantería y traza. Como curiosidad, este manuscrito también contiene una traza para el “Arco abocinado”, como Aranda y Rojas, y al contrario que Vandelvira y De L’Orme.

Cuaderno de Arquitectura de Juan de Portor y Castro (1708 - 1719)

El *Cuaderno de Arquitectura* de Portor fue redactado entre 1708 y 1719 (Carvajal 2011a; Carvajal y Cortés 2013g), y presenta diversas soluciones tanto originales como recogidas de otros tratados ya conocidos en esas fechas en España. No se conocen muchos datos del autor, si bien es importante para este trabajo destacar que se le sitúa en Granada el 8 de septiembre de 1708 (Portor y Castro 1708, f. 47r). El manuscrito se divide en tres partes, siendo la primera ellas, de 62 páginas, donde encontramos el contenido original del mismo. Esta primera parte se organiza en seis grupos, y se organizan en seis bloques: arcos, escaleras y caracoles, capialzados, lunetas y capillas y pechinas. El *Cuaderno* de Portor presenta claros vínculos con el tratado de Rojas y el manuscrito de Aranda, por lo que podemos relacionarlo con la escuela de estos junto con Alonso de Guardia (Calvo 2009, Carvajal 2011a). Al igual que ellos, y al contrario que Vandelvira, Portor aborda el “Arco abocinado”, ofreciendo más de una solución como en el caso de Aranda. Además, José Calvo (1999) ha analizado distintas trazas de Portor en relación a las de Ginés Martínez de Aranda, estableciendo evidentes similitudes entre los dos manuscritos, por lo que ha sugerido vínculos entre el ámbito de Aranda y Juan de Portor a través del sobrino de éste último, Juan de Aranda, a quien Portor hace referencia en varias ocasiones en su *Cuaderno* (1708, f.

8r, 31r). Claramente Juan de Portor conoce las obras del Renacimiento andaluz, puesto que menciona algunas de ellas como la escalera de la Chancillería (1708, f. 26r) o el palacio de Carlos V (1708, f. 52r) en Granada, además de una oposición a Maestro Mayor de la catedral de Granada (1708, f. 31r). Sin embargo, la gran novedad de este manuscrito es la inclusión del “Arco avanzado capialzado”, es decir, el “luneto apuntado” o “luneta”, frente a los tratados existentes del siglo XVI que contienen únicamente la solución clásica del “Arco avanzado”.

Arte y uso de Arquitectura de Fray Laurencio de San Nicolás (1637)

El propósito del texto de Fray Lorenzo es la difusión de ciertos conocimientos generales sobre el arte de construir, poniendo como modelo sus propias creaciones en las que se muestran algunas innovaciones que introdujo en la arquitectura del XVII. La obra se publicó en dos volúmenes independientes, el primero apareció en 1639 y el segundo en 1665, ampliando y corrigiendo el primero (Díaz Moreno 2004). En el texto aparecen con frecuencia referencias a Vitrubio y Serlio, y dedica algunos capítulos del primer tomo a la geometría y la aritmética. El manuscrito de Fray Laurencio se sitúa entre las dos escuelas, la de Vandelvira y la de Rojas, Aranda, etc. Por un lado, encontramos una bóveda anular parecida al “Patio redondo con columnas” de Vandelvira, cuyo arquetipo es la bóveda de la galería porticada del palacio de Carlos V en Granada, así como soluciones similares a sus capialzados, que difieren de las propuestas por Aranda y Portor. Por otro lado, Fray Laurencio presenta algunas piezas similares a las de Aranda e inexistentes en el texto de Vandelvira, como ciertos tipos de arcos de intradós complejo. Además, también incluye una solución para el luneto apuntado, al igual que Portor y Castro (fig. 37).

Es posible que en un principio Chueca quitara importancia a los focos andaluces de la nueva arquitectura renacentista, dejándolos en un segundo plano. En cambio, en su trabajo dedicado a Andrés de Vandelvira (1954) se centra en el papel fundamental que ejerció el manuscrito de cantería de su hijo Alonso en la divulgación de las bases teóricas y geométricas de la arquitectura renacentista hispánica, convirtiéndose en un documento imprescindible para el entendimiento de la técnica constructiva en piedra junto con el estudio de los métodos de trazado y labra de piezas singulares. Sin embargo, las generaciones posteriores a Chueca difieren con éste, entendiendo la

situación de manera distinta, y otorgándole al foco andaluz más importancia de la que en principio se le atribuía.

Morales (1989), en su trabajo sobre la arquitectura renacentista del siglo XVI destaca las figuras de ciertos artistas del sur renacentista como Diego Siloé, Diego de Riaño, Jerónimo Quijano, Alonso de Covarrubias, Andrés de Vandelvira o Hernán Ruiz, sin olvidarse de otros maestros canteros del plateresco con carácter más secundario, como Juan de Álava y Rodrigo Gil de Hontañón. Otros historiadores, como Marías (1979, 1993a, 1993b) coinciden en esta posición con respecto a los canteros, y en cuanto al manuscrito de Vandelvira y sus coetáneos, opinan que son demasiado técnicos, afirmaciones que el mismo Marías matizaría en sus trabajos unos años después.

Sin embargo, casi de manera paralela, una serie de especialistas abordan el estudio de estos manuscritos de cantería de una forma muy diferente. Sanabria (1984), Palacios ([1990] 2003) o Potié (1996) adquieren otra noción del tema y analizan los textos desde un punto de vista geométrico y constructivo, dibujando y reconstruyendo los métodos expuestos en los manuscritos gracias a los conocimientos y herramientas del dibujo que hoy disponemos. Todo esto les hace adquirir posturas muy diferentes de las mantenidas por los historiadores, como Marías o Morales, ya que defienden el carácter innovador de estos textos y reconocen su elevado nivel técnico, más allá de su base teórica. Este interés por la literatura de la cantería coincide con el hallazgo de nuevos manuscritos, como el de Ginés Martínez de Aranda (c. 1600; ver Mañas y Bonet 1986 y Calvo 1999) y Alonso de Guardia (c. 1600; ver Marías 1993 y Calvo 2013). Además, al mismo tiempo se ha ido desarrollando una línea de investigación en torno a los dibujos y trazados contenidos en los manuscritos, los cuales ofrecen una información de gran valor y nos acercan a los procesos de construcción y los métodos de trazado, incluso facilitan el estudio transversal de los textos para el análisis de las relaciones existentes entre ellos, como hicieron Rabasa (1996), Calvo (2000, 2002, 2005a, 2009b) o García Baño (2013).

f32. Libro de Arquitectura, f 39r
Hernán Ruiz el Joven

f34. Libro de trazas de cortes de piedras, f. 61 v.
Alonso de Vandelvira

f33. Le premier Tome de l'Architecture, f. 126 v.
Philibert de l'Orme

f35. *Teórica y práctica de fortificación*, f. 99r.
Cristóbal de Rojas

comochico en el di. no se apalado baxa por testabrala bol
se por vn parte y otra con la forma qnbiere en los bilos de las a
or. A. C. de vn testab. a otras las labras a la pla
tona la regla de p. d. d. q. b. en a. q. d. a. p. o. l. a. c. a. z.
v. p. o. l. a. c. a. z. en g. a. c. h. d. o. l. a. c. a. z.

Ascoporaria en sacara

Para traçar este diâmetro paralisia a lâmina formando duas
A. encurtando este sentido paralisia a tosta. B. assimismo
formando lazo com fôrça. C. qto a larista qdella bar por la
mitad da lâmina encl. do cho da linha. D. supongo q'quero
la bar a peça. E. la la baras primeiro de qua drado com la for
ma q'qualiere entre los quatro puntos. I. 2 3. A. g'ngade

f36. *Cerramientos y trazas de montea*, pl. 46.
Ginés Martínez de Aranda

f37. *Arte y uso de Arquitectura*, p. 69.
Fray Laurencio de San Nicolás

2.2.3. Piezas singulares de cantería renacentista

Los trazados de piezas singulares de cantería tienen como finalidad principal obtener las plantillas de intradós y de lecho de las dovelas del elemento a construir por el cantero (Calvo 2005a). El problema central de este esquema geométrico previo de la construcción en piedra consiste en dividir el espacio ocupado por un elemento constructivo disponiendo las juntas en la orientación más adecuada, de manera que la labra de las piezas resultantes pueda realizarse sin emplear más trabajo o material del necesario. En los casos relativamente sencillos como el muro, el arco de medio punto o escarzano, o la bóveda de cañón, el problema es trivial. De hecho, los tratadistas no entran, ni siquiera, a definir estas cuestiones, como es el caso de Vandelvira (c. 1585) o Ginés Martínez de Aranda (c. 1600). De hecho, este último en concreto, centra la primera parte de su manuscrito en lo que él denomina como “arcos dificultosos”, que son todos los demás arcos, más complejos que las piezas anteriormente mencionadas. Por tanto, el resto de arcos y piezas especiales con fábricas de piedra complejas, requieren trazados más elaborados, por ejemplo, los arcos en esviaje, los abocinados o los abiertos en paramentos curvos, las bóvedas con lunetos, las bóvedas de arista, de naranja, vaídas, ovales u ochavadas, escaleras imperiales o de caracol, etc. En todos estos casos es necesario recurrir a métodos geométricos relativamente complejos, que serán el principal objeto de estudio de este trabajo.

Bóveda de media naranja o Capilla redonda en vuelta redonda

En general, las piezas más frecuentes serán las de superficie esférica y cónica, si bien es la bóveda esférica o de media naranja el arquetipo de las bóvedas renacentistas. Según Alonso de Vandelvira (c. 1585, f. 61 r), la “Capilla redonda en vuelta redonda”, como él la denomina, es “principio y dechado de todas las capillas romanas”. Es decir, la bóveda de media naranja, o semiesférica, permite exponer de forma sencilla los procedimientos básicos de trazado que, posteriormente, se emplearán en un gran número de bóvedas clásicas en el Renacimiento. Del trazado de la bóveda semiesférica derivan otros ejemplos, como las bóvedas tóricas, las vaídas, ochavos, o las bóvedas en cuarto de esfera, algunas de las cuales encontraremos materializadas

en la arquitectura pétreo granadina del siglo XVI. El método descrito por Vandelvira para abordar el trazado de este tipo de bóvedas será recurrente para abordar la construcción de distintas piezas de cantería, por lo que es importante describirlo antes de adentrarnos en el resto de piezas singulares de interés para la presente tesis doctoral.

En la bóveda de media naranja las dovelas se disponen, en el caso más común, siguiendo hiladas circulares horizontales. De esta manera, las hiladas quedan separadas entre ellas por superficies cónicas, troncos de cono que se van cerrando conforme se acercan a la clave de la bóveda, y cuyo vértice se sitúa en el centro de la esfera. Las dovelas de una misma hilada son todas iguales, y las juntas entre ellas se definen por un haz de planos verticales cuyo eje se sitúa en el centro de la bóveda. Cada pieza presenta, por tanto, una superficie de intradós esférica, dos superficies cónicas de lecho, y dos planos verticales en sus juntas. Si el exterior de la pieza es visto, también su superficie de trasdós es esférica. Como sabemos, la superficie esférica no es desarrollable, por lo que la aplicación de una plantilla plana sobre ella solo es aproximada. Las superficies perimetrales de lechos y juntas, conos y planos, pueden ser labradas con facilidad mediante el baivel. Es habitual su uso en la talla de arcos, puesto que permite comprobar la ortogonalidad del intradós y el lecho, por lo que la aplicación a las dovelas esféricas resuelve de forma sencilla la labra de piezas más complejas mediante el proceso denominado “directo” o “por plantas”. Sin embargo, como demuestra el manuscrito de Alonso de Vandelvira (c. 1585), el procedimiento más habitual en la España del siglo XVI es el empleo de plantillas, denominado comúnmente “por robos”, consistente en devastar un bloque de piedra marcando en sus caras las proyecciones de la dovela y eliminando el material sobrante. Según la complejidad de cada pieza serán necesarios más o menos plantillas, pero, concretamente para la dovela de bóveda esférica, bastará con el patrón de su cara de intradós, por lo que el problema se reduce considerablemente. Este método evita la complejidad geométrica que requiere el método directo, si bien requiere más trabajo y material (De L'Orme 1567, f. 73). Al dividir la esfera en sectores horizontales según los paralelos, podemos sustituir la superficie esférica en cada uno de ellos por un tronco de cono cuyo vértice se situará sobre el eje de la bóveda, por lo que no deben confundirse con los conos de lecho, cuyo vértice se sitúa en el centro de la esfera. En este punto es importante destacar que, como veremos a través de los

ejemplos que más adelante se estudiarán, la operación geométrica fundamental de toda la estereotomía renacentista se basa en el desarrollo de superficies cónicas.

Ni el texto de Vandelvira (c. 1585) ni el posterior de Alonso de Guardia (c. 1600) especifican si se han de emplear plantillas rígidas o flexibles. Sin embargo, el método descrito parece indicar que las plantillas deben ser flexibles para adaptarse, así, a la esfericidad de la superficie de intradós de las dovelas, al contrario de lo que ocurre en otras piezas de cantería en las que se emplean plantillas rígidas.

En los edificios granadinos contruidos con cantería renacentista a lo largo del siglo XVI, encontraremos algunos ejemplos en los que la técnica empleada es la anteriormente descrita para bóvedas de intradós esférico, aunque no necesariamente serán bóvedas de naranja. Un claro ejemplo es el ochavo acasetonado en una de las capillas de la catedral, o la bóveda del “zaguán oval” del palacio de Carlos V, donde, como más adelante veremos, se recurre a una bóveda de planta lenticular rematada por bóvedas de horno.

Bóvedas

Si bien los tratados y manuscritos otorgan una importancia considerable a todas las piezas de cantería renacentista, las bóvedas son, por norma general, las piezas más relevantes.

Mientras que en el gótico las bóvedas se construyen mediante un sistema lineal de armazón de arcos, sobre los que se dispone la plementería de materiales ligeros, en el Renacimiento las bóvedas consisten en la construcción de elementos del lenguaje clásico mediante el ensamblado de piezas enterizas. Es por ello que las bóvedas adquieren un papel principal en los distintos tratados.

Como transición entre los sistemas constructivos góticos y renacentistas aparece, principalmente en Andalucía, la “bóveda por cruceros”. Este tipo de bóvedas puede ser considerado como una reinterpretación del repertorio formal romano, que es ejecutado, en cambio, mediante técnicas constructivas derivadas de la bóveda gótica de crucería (Calvo 2005a, p. 135). Las bóvedas “por cruceros” son bóvedas cuya superficie queda definida por casetones que se materializan mediante una red de nervaduras ortogonales ejecutadas con dovelas en forma de cruz que se van ensamblando, unas con otras, hasta formar una parrilla ortogonal sobre la que se

dispone la plementería. Vandelvira (c. 1585, f. 62v, 63r, 64r, 64v) ofrece una gran variedad de soluciones de bóvedas ejecutadas por cruceros, como la “Capilla redonda por cruceros”, “Capilla redonda por cruceros disminuidos”, “Capilla redonda por cruceros cuadrados”, etc., incluso se atreve con tipologías de bóvedas con geometrías más complejas, como la “Bóveda de Murcia por cruceros” (Vandelvira c. 1585, 70v), la “Capilla perlongada por cruceros” (Vandelvira c. 1585, 98v), o sus conocidas cabeceras ochavadas (Vandelvira c. 1585, 103v, 104v, 105r, 106v). Dentro de estas últimas es especialmente importante el “Ochavo de la Guardia”, que debe su nombre a la cabecera construida por Andrés de Vandelvira en el convento de los dominicos de La Guardia de Jaén.

Como adelantamos anteriormente, este tipo de bóvedas a caballo entre los sistemas medievales y el repertorio clásico, presenta un foco importante en la escuela andaluza, en la que Granada tiene un papel protagonista en este caso. La iglesia del monasterio de San Jerónimo presenta su cabecera cubierta, en su totalidad, con bóvedas ejecutadas por cruceros, en ocasiones mediante geometrías sencillas como superficies cilíndricas, y en otras, piezas más complejas como su cabecera ochavada. Por otro lado, en la catedral, igualmente encontramos bóvedas de casetones, como los pasos abocinados y las capillas radiales de la cabecera.

Volviendo a las bóvedas de cantería renacentista, ejecutadas plenamente con piezas enterizas, debemos señalar como ejemplar básico la bóveda semiesférica o “Capilla redonda en vuelta redonda” (Vandelvira c. 1585, f. 61 r), anteriormente descrita, y cuyo esquema, como sabemos, es aplicable a otras bóvedas, como todos los casos de variantes de vaídas, las bóvedas de planta perlongada, y en general, cualquier pieza de superficie esférica. También los ochavos, bóvedas ochavadas, o las bóvedas de planta poligonal en general pueden ser ejecutados mediante superficies esféricas seccionadas por planos verticales correspondientes al perímetro de la planta. En cualquier caso, es muy frecuente, en el caso de las bóvedas ochavadas, recurrir a un sistema de sectores o “gajos” de superficie cilíndrica que desembocan en la clave de la bóveda. Es el caso este último de la cabecera de San Jerónimo, que como comentamos anteriormente, se ejecuta por cruceros; y de la cripta del palacio de Carlos V, cubierta por una bóveda de planta octogonal y resuelta mediante piezas enterizas.

Por último, las bóvedas tóricas se definen como superficies de revolución generadas por la rotación de una sección cónica, normalmente una circunferencia, alrededor de

un eje, dando lugar a bóvedas tóricas de eje horizontal o vertical según la orientación de éste. La bóveda de eje horizontal es la tipología elegida por Vandelvira para ilustrar esta figura, a la que llama “Bóveda de Murcia” (c. 1585, f. 69v), que recibe este nombre por su arquetipo, la bóveda de la capilla funeraria de Gil Rodríguez de Junterón en la catedral de Murcia. En este caso también recomienda Vandelvira recurrir al sistema de conos, de eje horizontal en este caso, para labrar las dovelas, con el inconveniente de que el toro no presenta la misma curvatura en todas direcciones, por lo que Vandelvira recomienda labrar la pieza por robos.

En Granada encontramos un claro ejemplo de bóveda tórica de eje vertical, la bóveda anular del patio en el palacio de Carlos V (fig. 38). Si bien es cierto que Vandelvira no la incluye en la solución de bóvedas tóricas, sí que la menciona explícitamente, como veremos más adelante, en uno de sus caracoles, concretamente, en la “Vía de San Gil” (Vandelvira c. 1580, 52v). Sin embargo, Juan de Portor y Castro sí que hace referencia de forma explícita al palacio de Carlos V en su *Cuaderno* con una bóveda anular similar a la que encontramos en Granada: la “Bóveda en una circunferencia plana para un patio redondo” (1708, f. 52r).

Arcos

Existe una gran variedad de familias de arcos, que se clasifican según su configuración geométrica, principalmente según la disposición de los elementos que lo forman, es decir, sus jambas y testas. El caso más común, el arco de medio punto, presenta sus jambas paralelas entre sí, y perpendiculares a las testas, a su vez paralelas entre ti también.

La familia de los arcos esviados, o “Arcos en viaje”, sin embargo, rompe el paralelismo y la ortogonalidad de la figura presentando jambas y testas oblicuas, que según sea la relación de oblicuidad, dará lugar a un tipo de arco u otro (Rabasa 1994). El caso más básico del arco esviado, contenido prácticamente en todos los manuscritos de cantería, es aquel que presenta las jambas paralelas entre sí y oblicuas a las testas, a su vez paralelas entre sí (De L'Orme 1567, f. 72; Vandelvira c. 1585, f. 19v; Martínez de Aranda c.1600, pl. 10; Frézier 1737, t. II, lam. 36). Sin embargo, los textos de cantería, principalmente el de Aranda, presentan una serie de variantes del “Arco por viaje” más complejas que aquella. Algunos ejemplos son: el “Arco disminuido” (Vandelvira c. 1585, f. 19r; Martínez de Aranda c.1600, pl. 9; Portor y Castro 1708, f. 1v), que presenta

las jambas paralelas y las testas oblicuas a ellas y entre sí; el “Arco viaje contra cuadrado por testa” (Martínez de Aranda c. 1600, pl. 7) con una testa oblicua a la otra y las dos jambas, que a su vez son paralelas entre sí; o el “Arco viaje contra cuadrado” (Martínez de Aranda c. 1600, pl. 11; Portor y Castro 1708, f. 2r), también “Arco en cuadrado y viaje” (Vandelvira c. 1585, f. 26 v), que presenta una de sus jambas oblicua a la otra y a las testas, lo cual se conoce comúnmente como “cuerno de vaca” (Calvo 2005a, p. 125). Si ambas jambas son oblicuas a las testas, pero no paralelas entre sí, sino simétricas, tenemos el “Arco abocinado”, de intradós cónico (Rojas 1598, f. 99r; Martínez de Aranda c. 1600, pl. 33; De Guardia c. 1600, f. 80v). Es importante destacar que Vandelvira no expone el “Arco abocinado”, probablemente por ser una pieza sencilla, o bien porque ya expone la misma solución geométrica en su “Tronera” (Vandelvira c. 1585, f. 36v). También se puede considerar como una variante del arco esviado el “Arco por esquina y rincón”, es decir, el abierto en el encuentro de dos paramentos (De L’Orme 1567, f. 72v; Vandelvira c. 1585, f. 20; Martínez de Aranda c.1600, pl. 72; Portor y Castro 1708, f. 3r; Frézier 1737, t. I, lam. 36).

Otra familia de arcos, recogida en casi todos los textos de cantería, es la que abarca todos los arcos abiertos en paramentos curvos, que según sean paramentos curvos convexos o cóncavos, recibirán el nombre de “Arco en torre redonda” (Martínez de Aranda c. 1600, pl. 20; Frézier 1737, t. III, lam. 74) y “Arco en torre cavada” (Vandelvira c. 1585, f. 21v; Martínez de Aranda c.1600, pl. 25) respectivamente (fig. 39). En cualquier caso, la solución más habitual en la práctica es el de muros con ambos paramentos curvos, lo cual genera el “Arco en torre cavada y redonda” (Vandelvira c. 1585, f. 22r; Martínez de Aranda c.1600, pl. 29).

La combinación de todas las piezas anteriores, pertenecientes a ambas familias de arcos, da lugar a un gran número de soluciones constructivas de distinta configuración geométrica. Encontramos, por tanto, tanto en los textos de cantería como en la práctica constructiva, “arcos abocinados en torre redonda”; “arcos disminuidos en torre cavada y redonda”; “arcos abocinados”, “esviados” y abiertos en paramentos curvos, etc. En este punto es importante destacar, que si bien todos los manuscritos y tratados recogen algunas de estas soluciones combinadas, es el texto de Martínez de Aranda el más completo al respecto, puesto que contempla el mayor número de combinaciones posibles.

Algunos de los ejemplos más notables de arcos esviados, abocinados y abiertos en paramentos curvos convexos o cóncavos, así como sus posibles combinaciones y

derivados, los encontramos en Granada, concretamente en los pasos abovedados en la cabecera de la catedral, o en el arco triunfal de la misma. En cuanto al “Arco por esquina y rincón”, encontramos una pieza muy representativa en el palacio de los Condes de Castillejo, como sabemos, un ejemplo representativo de arquitectura pétrea nobiliaria de Granada en el siglo XVI.

Lunetos o Arcos avanzados

Los lunetos pueden considerarse como un tipo más de arcos, y de hecho, así lo hacen todos los textos de cantería que abordan esta cuestión, puesto que los lunetos son, por definición, arcos abiertos en bóvedas. Sin embargo, dada su complejidad geométrica, consideramos importante mencionarlos como una pieza singular de cantería en sí misma, y no como una familia más de arcos.

La tratadística define este ejemplo constructivo como “Arco avanzado”; mientras que para Vandelvira es “Arco avanzado en cercha” (c. 1585, f. 23r), para Martínez de Aranda es “Arco avanzado en bóveda” (c. 1600, pl. 49). Sin embargo, esta figura se conoce desde el siglo XVIII como “luneto” por influencia francesa (Rovira y Rabasa 1897, 84-85). Este tipo de arcos surge ante la necesidad de abrir huecos en bóvedas, generalmente de cañón, de manera que la solución geométrica consiste en la intersección de dos cilindros de ejes horizontales y perpendiculares, el de mayor diámetro es la bóveda, mientras que el menor sirve para materializar el hueco, con forma de arco de medio punto. La línea de intersección, una curva de cuarto grado, es lo que se conoce como “luneto”.

Aunque esta intersección entre cilindros es la solución teórica ideal, durante el siglo XVI se extendió en la práctica constructiva una solución más sencilla, para evitar los inconvenientes propios de materializar en piedra una curva de cuarto grado. Esta solución consiste en la intersección de la bóveda por planos verticales, oblicuos a la imposta de la misma y simétricos entre ellos, que generan curvas de intersección de trazado elíptico (fig. 40). Esta figura, cuya construcción se generalizó en el monasterio del Escorial, se conoce como “lunetos apuntados” o “lunetas” (Bustamante García 1994, 237-38). Sin embargo, para evitar el arco apuntado que se genera con esta solución, es habitual recurrir a arcos de medio punto, de manera que la clave del hueco abierto estará más baja que el vértice del luneto, generando un rampante

apreciable en la bóveda secundaria (San Nicolás 1637, p. 104r; Portor 1708, f. 47). Esta solución se conoce como “luneto apuntado capialzado” (Calvo 2000).

En Granada encontramos diferentes ejemplos de lunetos ejecutados con cantería renacentista, tanto en el palacio de Carlos V, como en la catedral. El palacio de Carlos V es un caso muy curioso y particular, puesto que en sus bóvedas encontramos todos los tipos de lunetos anteriormente mencionados: lunetos apuntados, lunetos apuntados capialzados y lunetos cilíndricos ideales según la base teórica. Por el contrario, el caso de la catedral es bastante inusual, ya que los lunetos no se abren en una bóveda cilíndrica, sino en una superficie esférica, por lo que no sólo están “cavados” en el plano horizontal sino que además deben adaptarse a la concavidad de la bóveda en la sección vertical, por lo que la intersección resultante es una combinación entre “arcos avanzados” y “arcos en torre cavada”.

Trompas o *pechinas*

Las trompas, o pechinas según Vandelvira (c. 1585, f. 6v), son piezas estrechamente relacionadas con los arcos, de la misma manera que ocurría en el caso anterior. Las trompas son en realidad arcos abocinados en los que el intradós se prolonga hasta el vértice del cono que define su superficie. De esta manera, las trompas presentan una sola testa. Igual que ocurre con los arcos, existen diversos tipos de trompas en función de su disposición geométrica, como la “Pechina en viaje” (Vandelvira c. 1585, f. 9r), que genera una testa elíptica, o la pieza conocida comúnmente como Trompa de Montpellier (Vandelvira c. 1585, f. 16v), que se abre en un paramento convexo y cuya solución está geoméricamente relacionada con el “Arco abocinado en torre redonda”. Concretamente, Vandelvira presenta 19 soluciones para los distintos tipos de pechinas (Vandelvira c. 1585, f. 6v, 7v, 8r, 8v, 9r, 10r, 10r, 11r, 11v, 12r, 12v, 13r, 13v, 14r, 14v, 15r, 15v, 16r, 16v, 17r, 17v). En Granada encontramos ejemplos de trompas en el crucero de la iglesia del monasterio de San Jerónimo, si bien se trata de un caso bastante particular, como veremos más adelante, por el sistema constructivo utilizado, a caballo entre la cantería gótica y renacentista.

Capialzados y decendas de cava

Los capialzados, y todas sus variantes, también constituyen una familia de piezas de cantería que variarán según la disposición de sus testas. La pieza básica, “Capialzado desquijado” para Martínez de Aranda (c. 1600, pl. 148) o “Capialzado en puerta cuadrada” para Vandelvira (c. 1500, f. 46r), consiste en una superficie reglada que presenta un dintel plano en una de sus testas y un arco en la otra, y es una solución muy común en los textos de cantería renacentistas (Hernán Ruiz c. 1550, f.47r; De L’Orme 1567, 64v; Portor 1708, f 28v), así como en la práctica constructiva. Encontramos en ellos, además, todo tipo de variantes de esta pieza, como ocurría en el caso de los arcos, dando lugar a capialzados “en viaje”, “en torre cavada o redonda”, “en rincón y esquina”, “abocinados”, etc. Además, según la mayor o menor curvatura de las testas, se puede ampliar la definición de capialzado por los dos extremos, es decir, piezas con ambas testas planas, o con ambas testas arqueadas. El “Capialzado a regla” (Vandelvira c. 1585, f. 44; Martínez de Aranda c. 1600, pl. 117; De Guardia c. 1600, 86v; Portor 1708, f 30v) pasa por dos dinteles a distintos niveles, por lo que la superficie de intradós será un plano. En cambio, la variantes esviadas de esta pieza, es decir, con una o ambas testas oblicuas, presenta ciertas peculiaridades, como veremos más adelante en este trabajo (Vandelvira c. 1585, f. 45r; Martínez de Aranda c. 1600, pl. 119) (fig. 41).

En el caso situado en el extremo opuesto, es decir, en el caso de capialzados con ambas testas arqueadas, llegaríamos a la “Decenda de cava”, donde ambas testas son arcos de medio punto situados a distinta altura. O lo que es lo mismo, bóvedas de cañón de eje inclinado. Esta pieza, como ocurría en casos anteriores, está estrechamente ligada con los arcos, e igualmente admite todas las variantes anteriormente descritas según se encuentre en paramentos curvos, en el encuentro de dos paramentos, o presenta oblicuidad en testas o jambas, entre otras combinaciones posibles (Vandelvira c. 1580, 28v, 30r, 30v). Los casos más notables de capialzados y “decendas de cava” en Granada los encontramos en el zaguán occidental del palacio de Carlos V.

Escaleras y caracoles

Los manuscritos españoles de cantería distinguen entre escaleras y caracoles. La pieza más básica de los caracoles es el “Caracol de husillo” (Vandelvira c. 1580, f. 50r;

Martínez de Aranda c. 1600, pl. 228), de tradición gótica y con machón cilíndrico, en el que una sola pieza resuelve el conjunto. Una variante del “Caracol de husillo” es el “Caracol de Mallorca” (Vandelvira c. 1580, 50v; Martínez de Aranda c. 1600, pl. 248), de machón helicoidal, y probablemente llamado así por las escaleras de los torreones en la Lonja de Mallorca (1426). Sin embargo, el caso más complejo dentro de los caracoles es la “Vía de San Gil” o “Vis de Saint Gilles”, que tiene por arquetipo ejemplar en la abadía de Saint Gilles, Languedoc (Calvo 2005a). Se trata de una bóveda anular, con la dificultad añadida de la pendiente, y algunos autores abordan su traza en sus textos y manuscritos de cantería renacentista (De L’Orme 1567, 125v; Vandelvira c. 1580, 52v; Martínez de Aranda c. 1600, pl. 232; Frézier 1737, t. II, lam. 62).

Durante el siglo XVI en Granada no es frecuente la construcción de caracoles, aunque existe una Vía de San Gil en el interior de los contrafuertes de la cabecera en la catedral de Granada (Palacios [1990] 2003, p. 169). En cualquier caso, resulta muy interesante destacar que, en su solución a la Vía de San Gil, Vandelvira menciona explícitamente como ejemplo la bóveda anular del palacio de Carlos V, lo cual deja constancia de su papel como modelo.

En cuanto a las escaleras propiamente dichas, el tipo más extendido es la “Escalera aducida en cercha” (Vandelvira c. 1585, f.56v-58r), en ocasiones conocida entre los historiadores como “claustral” (Calvo 2005a), y se resuelve mediante varias zancas de directriz curva. Otra variante de esta pieza es la “Escalera en regla aducida” (Vandelvira c. 1585, f.56v-58r), que, al contrario del ejemplo anterior, presenta el borde libre de su zanca recto, y no curvo. Juan de Portor ofrece algunas soluciones similares, siendo su *Cuaderno* el manuscrito que más profundamente aborda esta cuestión (Carvajal 2011b). Portor expone siete modelos de escaleras, agrupadas en dos tipos según la disposición de las juntas con respecto a la testa de la zanca, paralelas o perpendiculares. Igualmente analiza diversas soluciones con zancas rectas, curvas, o una combinación de ambas (Portor 1708, f. 21r – 28r). Nuevamente, en este caso, tanto Vandelvira como Portor mencionan de forma explícita una pieza situada en Granada como arquetipo de la “Escalera aducida en cercha” (Vandelvira c. 1585, f.56v-58r) y la “Escalera capialzada engauchida” (Portor 1708, f. 26r). Se trata de la escalera claustral situada en el patio del edificio de la Chancillería, que sirvió probablemente de ejemplo a Vandelvira para resolver la traza de esta tipología constructiva, donde recurre a un sistema peculiar, como más adelante comprobaremos (fig. 42).

f38. Bóveda anular del Palacio de Carlos V. Granada

f39. Arco en torre cavada. Catedral de Granada.

f40. Luneto en el Palacio de Carlos V. Granada.

f41. Capialzado en el Palacio de Carlos V. Granada.

f42. Escalera de la Real Chancillería. Granada.

2.2.4. Piezas singulares de cantería renacentista en Granada

Una vez revisadas todas las familias de bóvedas, arcos, y piezas singulares de cantería contenidas en los tratados teóricos, podemos realizar un catálogo de piezas localizadas en Granada y contenidas en los edificios construidos en la ciudad durante el siglo XVI con técnicas de cantería renacentista, y que, por tanto, serán objeto de estudio en el presente trabajo. Estas piezas son, según su localización en sus respectivos edificios, las siguientes:

San Jerónimo

- Bóveda ochavada en la capilla mayor
- Bóvedas cilíndricas en los brazos del crucero
- Bóveda central del crucero

Catedral

- Bóvedas “por cruceros” en las capillas radiales
- Bóveda “por cruceros” en la capilla anterior a la sacristía
- Pasos abocinados entre altar mayor y girola
- Bóvedas en la girola
- Arco toral del Altar Mayor frente al crucero
- Cúpula con lunetos en el Altar Mayor
- Vías de San Gil en los contrafuertes de la cabecera

Palacio de Carlos V

- Bóveda ochavada en la cripta octogonal
- Bóveda de lunetos en la sala junto a la cripta

- Bóveda tórica en el patio
- Capialzados en el acceso al patio
- Bóveda de lunetos del zaguán occidental
- Bóveda de lunetos del zaguán meridional
- Bóveda de lunetos de la sala junto a la cripta
- Bóveda “oval” en el zaguán oriental

Chancillería

- Escalera en el patio

Palacio de los Condes de Castillejo

- Arco en esquina y rincón en la portada

El catálogo de piezas elaborado es una selección de las piezas singulares de cantería construidas en Granada desde el siglo XVI. Es importante matizar que esta selección no representa la totalidad de piezas de cantería existentes, puesto que recoger todos los arcos, capialzados, etcétera, habría sido una empresa imposible y de discutible utilidad por su escasa singularidad geométrica. Evidentemente, en Granada podemos encontrar una gran variedad de arcos, capialzados, y piezas de cantería no recogidas en esta investigación que, dada su escasa relevancia a nivel constructivo, no hemos creído conveniente incluir; al igual que Martínez de Aranda (c. 1600), quien dedica su primera parte únicamente a los “arcos dificultosos”, dando por hecho la fácil ejecución en piezas menos relevantes.

III. Análisis de piezas de cantería en Granada

3.1. El monasterio de San Jerónimo

«La perfecta conjunción de escala, orden clásico, virtuosismo técnico, luminosidad y riqueza conforman la capilla del héroe, dominadora del conjunto de la iglesia de San Jerónimo. Posiblemente nadie ha dado un juicio más aquilatado sobre ella que fray José de Sigüenza, cuando dice *que sin hazer agravio a todo lo de aquel tiempo, y aun a lo mejor deste (siempre se excepta San Lorenzo el Real) es lo mejor de España*»

Agustín Bustamante, 1995. *El sepulcro del Gran Capitán*.

Contexto histórico y estado del arte

El monasterio de San Jerónimo el Real en Granada es un elemento relevante en la historia de la arquitectura en España. No solo es una de las fundaciones más cercanas a los Reyes Católicos, sino que allí reposan los restos de don Gonzalo Fernández de Córdoba, el Gran Capitán. Además, es una de las joyas del Renacimiento español como símbolo de la evolución arquitectónica en España, a pesar de las mutilaciones sufridas durante y después de la guerra de la Independencia española. Este es probablemente el motivo, entre otros, de que no exista un estudio extenso y detallado del edificio, a excepción de algunos trabajos como los capítulos de Gómez-Moreno (1892) o Gallego y Burín (1982) en sus respectivas *Guías de Granada*, los trabajos de Francisco de Paula Valladar ([1906] 2000) o el artículo desarrollado por Agustín Bustamante (1995) en el *Boletín del Museo e Instituto Camón Aznar*, en el que, basándose en toda la documentación existente y conocida, realiza un análisis histórico sobre su construcción. Fray José de Sigüenza, en su *Historia de la Orden de San Gerónimo Doctor de la Iglesia* (1605) reeditado en 1909, atribuye la grandeza y calidad del sepulcro del Gran Capitán a su autor, Diego de Siloé, quien a su juicio es el mejor arquitecto español de aquella época puesto que, según él, fue el primero que pretendió resucitar la nobleza de la arquitectura en España gracias a su buen juicio y a Vitruvio (Sigüenza 1909, p. 45).

En 1492, tras la conquista de la ciudad de Granada los Reyes Católicos fundan este monasterio jerónimo en Santa Fe con el nombre de Santa Catalina. Según algunas fuentes consultadas por Gómez-Moreno (1892), las insalubres condiciones del lugar hicieron que éste fuera trasladado a Granada. En 1493 los monarcas entregan al licenciado Calderón, alcaide y regidor de la ciudad de Granada, la casa y huerta del Nublo, propiedad de la Corona tras la conquista, corriendo por su cuenta la construcción del nuevo edificio y su iglesia. Además, vino modificado el nombre del monasterio, que pasó a llamarse de la Concepción de Nuestra Señora Santa María (Sigüenza 1909, p. 41-47).

Las obras comenzaron en 1496 en el lugar donde hoy se encuentra el Hospital de San Juan de Dios, entonces llamado Almoraba (Gómez-Moreno 1892, p. 362). Sin embargo, los jerónimos no estaban del todo a gusto con su solar granadino y se trasladó el

emplazamiento a un nuevo lugar, la llamada casa y finca de Darabenmordi, que había sido propiedad del rey Boabdil. En 1504, tras la muerte del Ldo. Calderón, su viuda reclamó sus derechos sobre el edificio, puesto que había sido una donación de los Reyes a su marido, pero en 1505 la propiedad pasó definitivamente a los jerónimos (Castillo 1993, Moreno Olmedo 1988). Una vez conseguido el sitio definitivo, y permaneciendo en manos de los jerónimos, se iniciaron las obras. No conocemos a ciencia cierta los autores de las trazas del monasterio, ni quiénes fueron sus primeros ejecutores. Comenzó su ejecución por el claustro, de nueve vanos por tramo y dos pisos, que fue finalizado en 1519 y ocupado por los monjes en 1521. El segundo patio ya estaba acabado en 1520 y en 1526 fue habitado por la emperatriz Isabel de Portugal cuando visitó Granada con su marido el emperador Carlos tras su boda. En cuanto a la iglesia, es posible que se comenzara a construir al mismo tiempo que el convento, ejecutándose todo su perímetro a la vez. Gracias a los documentos conservados, sabemos que en 1513 se realizaban trabajos en la nave y se vendía una capilla, sin embargo, las obras iban mucho más lentas que las del convento ya que en 1519, cuando el obispo de Mondoñedo puso la primera piedra, sólo debían estar abiertos los cimientos (Gomez-Moreno 1892, p. 376; Gallego y Burín 1982, p. 284). Finalizaron las obras de las dependencias del convento y continuó la construcción de la iglesia, cuya nave y capillas empezaron a ganar altura y, según Gómez Moreno (1892), en 1523 se alcanzaba el cerramiento de las hornacinas. Fray José de Sigüenza (1909, p. 44) puntualiza que la capilla mayor también se estaba levantando y que en 1523 tenía una altura de cerca de dos estados, es decir, catorce pies, casi cuatro metros.

A la hermosura del claustro, y cuerpo de la Iglesia, se le añadió la capilla mayor, que sin hazer agravio a todo lo de aquel tiempo, y aun a lo mejor deste (siempre se excepta San Lorenzo el Real) es lo mejor de España. Al tiempo que se començaua a labrar estando leuantada cerca de dos estados de su planta, la Duquesa de Terranoua doña María Manrique, mujer de aquel famoso Gonçalo Fernández de Córdoua, Duque de Sesa (conocido de todas las naciones del mundo por sus hazañas, y por la deuida aclamación de gran Capitán, sin que en esto como algunos quieren tenga lugar la arrogancia Española), pidió al Emperador Carlos Quinto, como a Patrón del Conuento, le hiziesse merced de aquella Capilla, para enterramiento de su marido y suyo, y de sus sucessores, prometiendo acabar la presto y con cuydado. El Emperador holgó de hazer esta merced al difunto que desseaua tanto tener viuo, y le pareció bien empleada

aquella joya que sus abuelos estimaron en mucho, en quien supo seruirlos tanto.

José de Sigüenza, (1605) 1909. *Historia de la Orden de San Jerónimo*.

Por tanto, en 1523 las obras iban bastante adelantadas, dato que se refleja también en el exterior de la fábrica, donde se advierte la diferencia entre la sillería primitiva, más tosca, que alcanza casi la altura de la cornisa. En 1515 don Gonzalo Fernández de Córdoba, el Gran Capitán, había dictado en su testamento que se le enterrase en el monasterio de San Jerónimo el Real de Granada, pero al fallecer éste las obras de la iglesia estaban aún en sus cimientos, así que su cuerpo fue depositado provisionalmente en el convento de San Francisco junto a la Alhambra. Ante estas circunstancias, la viuda del Gran Capitán, doña María Manrique duquesa de Terranova, pidió al emperador la capilla mayor de la fundación real como enterramiento para ambos y sus sucesores. El emperador Carlos la otorgó por real cédula de 7 de marzo de 1523 y el 20 de mayo de 1525 se formalizaba el patronazgo de los nuevos señores (Gómez-Moreno 1941, p. 57 y 164). Por lo tanto, la iglesia del monasterio Jerónimo entró a formar parte del patrimonio de los Fernández de Córdoba, condes de Cabra y duques de Sessa y Baena, de manera que Dña. María Manrique alteró la función de iglesia para convertirla en templo funerario, acercándose funcional y formalmente a la Capilla Real de Granada. Francisco de Paula Valladar (2000, p. 221 – 222) recoge lo siguiente:

En 1523, por cédula real de D. Carlos emperador y rey de Alemania y Doña Juana, su madre, como sucesores de los Católicos Reyes D. Fernando y D.^a Isabel, fundadores del patronazgo del monasterio del Señor San Jerónimo de la ciudad de Granada, dieron “gracia y facultad” a la ilustre Sra. D.^a María Manrique, duquesa de Terranova, viuda de aquel insigne Caudillo, para que “de voluntad y consentimiento” del Prior y Convento del dicho Monasterio de San Jerónimo, pudiera dicha D.^a María “o los herederos o sucesores del dicho Gran Capitán” y los de ella, acabar de reedificar la capilla mayor del referido monasterio, y pasar el cuerpo del Gran Capitán, desde la iglesia de San Francisco, donde estaba depositado, a la de San Jerónimo y sepultarle en la capilla mayor de él; “la qual podais dexar y dotar en ella -dice la cédula- las memorias que a vos bien visto fuere; pues Nos vos hazemos merced della como patrones que somos del dicho monesterio como dicho es; y queremos y

mandamos y es nuestra voluntad que agora ni en ningún tiempo para siempre jamás se entierre ni pueda enterrar en la dicha capilla otra persona alguna de ninguna condición y estado, preeminencia ó calidad"... excepto la duquesa.

Francisco de Paula Valladar, (1906) 2000. *Guía de Granada*.

Por aquel entonces, trabajaban en la Capilla Real dos florentinos, los hermanos Francesco y Jacopo Torni, y dos españoles, Alonso Berruguete y Pedro Machuca, que habían regresado recientemente de Italia. Si bien Berruguete no llegó a colaborar en los frescos de la Capilla, el resto de los artistas mencionados sí participaron en las tallas decorativas renacentistas de las escaleras del altar y de la sillería del coro, además de pinturas y esculturas (Gila 2005, p. 97). De todos ellos, tras la adquisición del monasterio en 1525, Jacopo Torni apodado el Indaco fue nombrado maestro mayor de las obras de la capilla del monasterio de San Jerónimo. Muy probablemente fue la propia viuda del Gran Capitán, quien eligió al Indaco contando con la conformidad del prior, fray Pedro Ramírez de Alba. Poco antes, en 1522, Jacobo había sido nombrado maestro mayor de la catedral de Murcia, y su nuevo proyecto para el crucero de la iglesia de san Jerónimo introdujo el estilo renacentista en la arquitectura granadina. Conservando casi todo lo hecho, Jacobo sustituyó los dragones de los capiteles por volutas, así como los pilares redondos que enmarcaban el crucero por pilastras sobre pedestales siguiendo el estilo florentino de finales del siglo XV, el cual, según Lázaro Gila, derivó en el estilo comúnmente conocido como "a lo romano" gracias en gran medida a las *Medidas del romano* de Diego de Sagredo publicado en 1536 (Gómez-Moreno 1941, p. 57; Gila 2005, p. 98). Sin embargo, menos de un año después, en 1526, fallece Jacobo sin llegar a terminar la empresa para la que había sido contratado (Bustamante 1995, p. 8).

Gómez-Moreno (1941, p. 47) atribuye el cambio de estilo de la capilla mayor a este artífice, aunque otros autores, como Agustín Bustamante (1995) ponen en duda que en menos de un año se pudiera llevar a cabo tal tarea. Sin embargo, con total seguridad Jacopo Florentino inició la empresa, como así lo declara Diego de Siloé cuando se hizo cargo de las obras: "Yo, el dicho Siloé, tomo cargo de ordenar lo que en la capilla de San Gerónimo de Granada se ha de labrar a lo romano, como se ha comenzado, hasta acabarse" (Bustamante 1995). La elección de Jacobo el Indaco muestra claramente las intenciones de la duquesa, con un gusto diferente de lo que se había construido hasta el momento, que opta por el nuevo estilo en vez de por "el moderno" para la construcción de la tumba del Gran Capitán. La viuda del Gran Capitán, conocedora

del prestigio obtenido por su marido, probablemente se basó en la valía de sus hazañas para solicitar la cesión del monasterio y pretender una tumba heroica, más acorde con el nuevo estilo.

En medio del ábside campea un tablero con esta inscripción: *GONSALO FERDINANDO A CORDUBA MAGNO HISPANORUM DUCI GALLORUM AC TURCARUM TERRORI*, sostienenlo grandes figuras de mujer (...) con los rótulos: *FORTITUDO-INDUSTRIA*; a los lados hay medallones con bustos, y más abajo y en los brazos del crucero, escudos de armas del Gran Capitán y su esposa con guerreros vestidos á la romana y angelotes sosteniéndolos.

Manuel Gómez-Moreno, 1892. *Guía de Granada*.

La visita a Granada en junio de 1526 de Carlos V tuvo gran importancia, puesto que su esposa Isabel de Portugal se trasladó al segundo claustro del monasterio ante las incomodidades que presentaba el palacio nazarí. Durante su estancia allí, los emperadores conocieron al prior del monasterio, Pedro Ramírez de Alba, así como el proyecto renacentista para la transformación de la cabecera de la iglesia proyectada por Jacobo Florentino, el cual había muerto seis meses antes de la llegada de los emperadores a Granada (Gómez-Moreno 1892, Gila 2005).

Tras la muerte del Indaco, es probable que las obras se detuvieran durante algún tiempo, puesto que era preciso contratar un nuevo arquitecto afín a la arquitectura “al romano” (Bustamante 1995). El 10 de junio de 1527 fallecía en Granada doña María Manrique (Gómez-Moreno 1892, p. 363), quedando como heredero su nieto menor de edad, don Gonzalo Fernández de Córdoba, tercer duque de Sesa, cuyo tutor legal sería su tío, hijo del Gran Capitán, don Pedro Fernández de Córdoba. Así pues, este último, el contador de la familia Juan Franco y el prior del monasterio fray Pedro Ramírez de Alba, tomaron los mandos de la gestión de la obra. No conocemos con exactitud quién y cómo entraron en contacto con Diego Siloé, que en ese momento se encontraba afincado en Burgos y en disputas con su colega Felipe Bigarny, con quien había colaborado en la catedral de esa ciudad. En este punto diversos autores muestran distintas opiniones al respecto, pues mientras la mayoría se inclina por pensar que fue el tercer duque de Sesa y sus asesores quienes buscaron a Siloé (Gómez-Moreno 1892, Moreno Olmedo 1988, Bustamante 1995), trabajos recientes como el de Gila Medina (2005) afirman que fue la propia viuda del Gran Capitán quien tuvo noticias del trabajo de Siloé en el nuevo estilo y mandó llamarlo.

Sea como fuere, en marzo de 1528 Siloé estaba en Granada visitando y organizando la obra junto al contador Juan Franco, con el que firmó un contrato en abril de ese año obligándose a proseguir “a lo romano” la capilla mayor de la iglesia del monasterio jerónimo, así como a realizar el retablo de la misma (Gómez-Moreno 1941, p. 182-183; Bustamante 1995). Siloé se puso, por tanto, al frente de las obras del monasterio, y de forma casi paralela fue llamado para retomar el proyecto de la catedral de Granada que comenzaría con la elaboración de una maqueta que desarrolló entre 1528 y 1532 (Gómez-Moreno 1941, Rosenthal [1961] 1990). Comienza aquí su gran etapa andaluza, de enorme repercusión para el arte español y la arquitectura del Renacimiento.

Además de su trabajo para los Fernández de Córdoba en la cabecera de la iglesia, Siloé realizó diversas actuaciones para los monjes en el resto del monasterio, como algunas portadas en el claustro procesional, ventanas con marcos renacentistas o contrafuertes prismáticos en sustitución de los pináculos (Bustamante 1995, p. 10). En los pies cerró la fachada colocando las armas de los Reyes Católicos y colocó un frontispicio triangular, hoy perdido. La fachada, con contrafuertes, tiene una torre prismática a la derecha, trazada por Siloé según Gómez Moreno (1892, p. 365), aunque acabada después de 1565 y cuyos cuerpos superiores desmontaron los franceses durante la guerra de la Independencia (Palacios y Palomino, 1987). Por último realizó la sillería de coro, de la que quedó terminada en julio de 1544 (Gómez-Moreno 1941, p. 202). En cuanto a la labra de la capilla mayor, la ejecutó, como se había comprometido, en un estilo nuevo completamente diferente a la nave y al coro, no solo en sus formas, sino también en cuestiones de escala, conectando ambos estilos en los pilares del crucero. En este punto Siloé pasa a un mayor formato desplegando todo el repertorio clásico. El espacio centralizado del crucero y la cabecera ochavada manifiestan el carácter funerario de la capilla, debajo de la cual Siloé ejecutó cripta de planta cuadrada y abovedada similar a la de la Capilla Real de Granada.

Diego Siloé prosiguió la arquitectura de la capilla mayor y en marzo de 1543 el duque de Sessa le despidió alegando que las tareas constructivas se habían acabado, a pesar de que faltaban los remates de la cabecera y del cimborrio. Ignoramos cómo acabaron todos estos episodios; pero sus relaciones con el tercer duque de Sessa se rompieron definitivamente desapareciendo así Diego Siloé de San Jerónimo (Bustamante 1995, p. 13). Así pues, Diego Siloé fue solamente ejecutor de la parte arquitectónica del sepulcro del Gran Capitán. Los años posteriores hasta principios del siglo XVII, se destinaron a la ornamentación de la cabecera, tarea en la que

intervinieron artistas como Lázaro de Velasco, hijo de Jacobo Florentino, o Pedro de Orea (Gómez-Moreno 1892). La ejecución del retablo mayor del templo fue más larga y laboriosa que la arquitectura de la capilla mayor. Mientras que ésta duró 18 años, los trabajos de escultura, talla y pintura llevaron más de tres décadas.

En 1552, el monasterio por fin cumplía la función de mausoleo, puesto que los cuerpos del Gran Capitán, su mujer, su hija y el marido de ésta, fueron allí depositados. Tras la retirada de Siloé de las obras, estas quedaron paralizadas, y es a principios del siglo XVII cuando el sexto duque de Sesa, propone transformar el mausoleo de San Jerónimo y hacerlo según el modelo del panteón de San Lorenzo del Escorial. Tras un largo periodo de disputas con los monjes jerónimos, consultas a entendidos para el estudio de la viabilidad de la obra, y diversas propuestas arquitectónicas para el proyecto, el sexto duque de Sesa no pudo llevar a cabo su empresa, es más, la familia acabó enterrándose en un nuevo mausoleo que construyó en Madrid, incumpléndose así los deseos de la viuda del Gran Capitán. Por desgracia, durante la invasión napoleónica los monjes fueron expulsados, el monasterio se convirtió en cuartel de caballería y la iglesia quedó en abandono. En 1875 la Comisión de Monumentos tomó partido, y Manuel Gómez-Moreno y González solicitó que el templo fuera declarado monumento nacional. Finalmente la declaración se hizo en 1877, con el título de *exceptuado de la venta de Bienes Nacionales como Monumento histórico y artístico de la Nación* (Valladar [1906] 2000)

La iglesia del monasterio de los Jerónimos de Granada, o de Nuestra Señora de la Concepción, posee una estructura gótica en planta, similar a la Capilla Real, con una nave central y capillas hornacinas comunicadas entre sí. Posee un crucero, cabecera ochavada o semioctogonal y el coro en alto a los pies. Su interior mide aproximadamente 54'70 metros de largo y 22'68 metros de ancho. El sotacoro, las capillas hornacinas y la nave central se cubren con bóvedas de crucería de terceletes y combados. Las capillas están desmanteladas y sin las rejas platerescas que tuvieron, al igual que la reja que cerraba el crucero, hecha en 1601 por Francisco de Aguilar (Gómez-Moreno 1892, p.365). La planta es muy similar a la de la Capilla Real de Granada, por lo que Agustín Bustamante (1995) considera muy probable que fuera Enrique Egas el autor de las trazas de la iglesia, puesto que tanto ésta como la Capilla Real son fundación de los Reyes Católicos. Si esta hipótesis llegara a confirmarse, podríamos afirmar que el toledano Enrique Egas es el arquitecto que proyecta todos

los edificios fundamentales de Granada tras la Reconquista hasta la llegada de Pedro Machuca y de Diego Siloé (fig. 43).

Cuando Siloe toma las riendas de la obra apenas se habían iniciado los pilares y las ocho capillas que se abren entre ellos, todas de al estilo ojival como las modestas bóvedas que las cubren. Como sabemos, la nave del crucero y su capilla mayor es donde Siloe, libre de trabas, cambia de lleno el estilo ojival por el renacentista. Según Gómez-Moreno (1892), no es de extrañar que Siloé incluya en sus obras elementos de traza ojival, puesto que a su juicio recurre a ellos a menudo, sobre todo cuando la escasez de recursos o las circunstancias lo aconsejaban. Sin embargo, Rosenthal ([1961] 1990) niega la intencionalidad de Siloé al incluir elementos de carácter gótico, atribuyendo los motivos a condicionantes ajenos al propio arquitecto.

Los basamentos son altos y sobre ellos arrancan los gruesos pilares que se materializan como pilastras acanaladas con capiteles corintios. Sobre ellos un entablamento que presenta una gran riqueza ornamental y plasticidad en su movimiento, cuya estructura unifica toda la cabecera. Sobre el entablamento se abren ventanas triples de medio punto labradas por dentro y fuera y que dan abundante luz a la capilla. Los brazos del crucero se cierran con bóvedas de cañón divididas en grandes artesones decorados con figuras heroicas y del Evangelio.

El centro del transepto se eleva como un cimborrio que presenta una estructura complicada, puesto que arranca de una planta cuadrada para convertirse en ochavo. La transición se materializa mediante trompas aveneradas transformadas en hornacinas que alojan estatuas de los cuatro evangelistas, entre grandes claraboyas redondas. Encima una bóveda en la que Siloé renunció a una estructura clásica, probablemente para no cargar estructuralmente demasiado el edificio (Gómez-Moreno 1941), recurriendo a un sistema constructivo de nervaduras góticas, si bien no renunció a las formas renacentistas. Se trata de una bóveda de crucería con dobles ogivos y terceletes, apoyada sobre arcos apuntados abocinados que cobijan un segundo conjunto de ventanas y cruceros, todos encasetonados y completados con terceletes y combados, dando lugar a una pieza en completo desacuerdo con el resto del conjunto. En cualquier caso, también ejecutó esta bóveda con artesones y ornamentación con bustos y figuras recurriendo a elementos y formas clásicos. En palabras de Agustín Bustamante (1995), “este cimborrio es una de las soluciones más bizarras y fantásticas de la arquitectura española de esas fechas y crea una espaciosidad y luminosidad extraordinarias”, y según Antonio Almagro (2004) “El

cimborrio se resuelve con notable originalidad, en donde la disposición de nervios entrecruzados y el recurso a arcos apuntados trasluce influencias del pasado unidas a un lenguaje innovador”.

El presbiterio se eleva sobre una escalinata y se forma con un tramo recto cubierto con bóveda de cañón semejante a la de los brazos del crucero, y un testero ochavado y cubierto con bóveda acasetonada de cascos esféricos y forma avenerada. Al exterior se muestra como el elemento que domina el conjunto. Al igual que en el cuerpo de la iglesia, se produce un cambio en la labra de la cantería, pasando de sillares toscos a una piedra más fina que comienza en una hilada anterior a la primera moldura. En el punto más alto, el bloque del cimborrio corona todo el conjunto. En palabras de Agustín Bustamante (1995, p. 11) la escala y la potencia formal y arquitectónica del conjunto, el culto al héroe y la iconografía “hacen a esta fábrica el primer mausoleo clásico de la España del Renacimiento al modo del de Halicarnaso, pero cristianizado en cuanto que es la cabecera del templo del granadino monasterio jerónimo de la Concepción”.

Documentación gráfica existente

A pesar de la relevancia histórica del edificio, no es abundante, en comparación con otros edificios, la documentación gráfica existente elaborada, o al menos, conservada hasta el momento. Del siglo XVI se conservan las vistas que realizaron los artistas Joris Hoefnagel y Antón van den Wyngaerde, dedicados a retratar las ciudades europeas. Ambos estuvieron presentes en Granada de 1563 a 1565, y en 1567, respectivamente. Las vistas de Granada dibujadas por Hoefnagel pueden fecharse en 1563 y 1564, durante su viaje por España, y en 1567 la de Anton van den Wyngaerde, es decir, poco después de la muerte de Siloé (Rodríguez Ruiz 1997). Las vistas realizadas por Hoefnagel se conservan actualmente en el Museo Casa de los Tiros en Granada, y en ellas puede observarse la ciudad vista desde la Vega, donde, cercano a la catedral se muestra el exterior de la iglesia de San Jerónimo, siendo probablemente las imágenes más antiguas que se conservan del edificio y que muestran su estado en el siglo XVI.

Algo posterior, de principios del siglo XVII, es la conocida *Plataforma de la ciudad de Granada*, atribuida a Ambrosio de Vico, quien fuera su maestro mayor durante muchos años, grabada por Francisco Heylan hacia 1613-1614, y copiado por Felipe Prieto en 1795 (López Guzmán et al. 1984). El grabado “resume de manera magistral el panorama urbanístico de la Granada del siglo XVII” (Moreno Garrido 1976, p.66). Es un

dibujo sin fines proyectuales, sino que representa lo construido en el momento. La Plataforma presenta una vista en axonometría, aproximada a la perspectiva de Hejduk, de la ciudad de Granada, aportando una valiosa información del entramado urbano en torno al monasterio. Sin embargo, el sistema de representación utilizado no parece controlado con suficiencia por Vico como se observa claramente en la representación de los claustros del monasterio. Es importante destacar, en cualquier caso, que no es usual encontrar axonometrías oblicuas ejecutadas correctamente en el siglo XVI.

En su viaje por España y Portugal, Cosme de Medicis realizó acuarelas a su paso por Granada en 1669, documentando el exterior del monasterio así como la torre antes de su demolición. Agustín Bustamante muestra en su trabajo *El Sepulcro del Gran Capitán* (1995) un grabado de la fachada de la iglesia fechado en el XVII del que sin embargo no conocemos la autoría (fig. 44). Contemporáneo a este se conserva en el Museo Casa de los Tiros un grabado francés, titulado *Profil de la Ville de Granade*, también anónimo (fig. 46).

En cuanto a la representación planimétrica, se conserva una traza de Vico para la cripta (fig. 45). Como documentación más genérica, el Plano general de la ciudad de Granada, realizado por el matemático Francisco Dalmau en 1796, o el plano publicado por Alexandre de Laborde en su *Voyage pittoresque et historique de l'Espagne* (1806), seguidos por el Plano de Granada llevado a cabo por Francisco Contreras en 1853. Poco después, en 1860, A. Guesdon realiza dos vistas de Granada, una desde el Generalife y otra desde la Plaza de Toros, ambas más detalladas y rigurosas que las vistas y grabados realizados hasta el momento.

En 1906 aparece el primer plano del conjunto realizado con técnicas topográficas modernas, la *Planta de la Ciudad de Granada* de la Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico dirigido por Ibáñez de Ibero. Sin embargo no es hasta 2004 cuando Antonio Almagro Gorbea aporta una documentación gráfica completamente rigurosa y algo más detallada de la iglesia del monasterio. Este levantamiento, iniciado por alumnos de Almagro durante el curso académico 1997-1998, fue continuado con posterioridad y gran parte del trabajo se rehizo con restituciones fotogramétricas realizadas en la Escuela de Estudios Árabes del CSIC, dadas las dificultades del edificio y la escasez de medios técnicos con los que se contaba en un principio (fig. 47).

f43. Planta de la iglesia del monasterio de San Jerónimo. En "El sepulcro del Gran capitán" (Bustamante 1995)

f44. San Jerónimo. Grabado del siglo XVII. En *Guía de Granada* (Gómez-Moreno 1892)

f45. Trazas de Ambrosio de Vico para la cripta de San Jerónimo. (Bustamante 1995)

f46. Detalle de Ville de Granade, grabado francés del siglo XVII. Museo Casa de los Tiros

f47. Sección transversal de la iglesia de San Jerónimo. Levantamiento por A. Almagro en *Levantamiento arquitectónico* (2004)

A pesar del gran valor de esta última documentación, debido a su rigor y precisión gráfica, no llega al detalle que requiere el análisis geométrico y constructivo abordado en este trabajo. Por tanto podemos afirmar que, hasta la fecha, no se han realizado levantamientos precisos detallados que muestren el corte de la piedra para el ensamblaje estereotómico de las dovelas en la construcción de las bóvedas que cubren la cabecera de la iglesia del monasterio de San Jerónimo en Granada. Sin bien, es importante destacar que los levantamientos realizados por el profesor Almagro han servido de gran ayuda como base topográfica para la toma de datos y levantamientos realizados en este estudio.

Serán objeto de estudio las piezas de cantería que cierran la cabecera, es decir, las bóvedas del crucero y del altar mayor, todas ellas, como sabemos, ejecutadas por Diego de Siloé entre 1528 y 1543.

3.1.1. La cabecera de la iglesia de San Jerónimo

La cabecera de la iglesia del monasterio de San Jerónimo es, probablemente, la primera construcción renacentista ejecutada en la ciudad de Granada. Tras la reconquista de la ciudad por parte de los Reyes Católicos en 1492, la necesidad de cristianizar su imagen mediante la regeneración del tejido urbano y la construcción de edificios adaptados a los usos cristianos generó un clima de cambio idóneo para atraer el nuevo estilo “a lo romano” originado en Italia. La cabecera de la iglesia en el monasterio de San Jerónimo se convirtió, pues, en la oportunidad perfecta para ello, probablemente por varios motivos. Por un lado, la intención del Emperador de convertir Granada en un punto clave dentro de sus reinos requería un estilo arquitectónico acorde a su relevancia, sumado además a la admiración de la Emperatriz por el monasterio durante su estancia en el mismo. Por otro lado, en la elección del nuevo estilo sería crucial la decisión última de la viuda del Gran Capitán de convertir la cabecera de la iglesia en el mausoleo familiar de los Duques de Sessa, que requeriría un programa estético donde los elementos clásicos son mucho más apropiados que los medievales.

El interior renacentista de la construcción constituye por sí solo un conjunto individualizado respecto al resto del edificio, ya que no existe articulación clara entre la obra renacentista y el resto del templo, ni en cuestiones de escala, ni en lo que respecta al estilo y la estética adoptados. La cabecera se compone de dos espacios diferenciados, si bien perfectamente integrados entre sí, el ábside y el crucero. Los esbeltos pilares en los que se apoyan los arcos y bóvedas quedan coronados por un entablamento de acusada molduración y una cornisa que prolonga la forma de los soportes al tiempo que articula el encuentro entre ambas partes, aportando unidad al conjunto con una gran plasticidad en su recorrido. Podemos definir el crucero como el espacio que precede al ábside. Se trata de un espacio transversal con respecto a la nave de la iglesia, destacando en altura sobre ésta, y dividido en tres partes, dos brazos alineados en planta con las capillas laterales, y un espacio central, más elevado que los brazos, que queda alineado con la nave central y el ábside del altar mayor. El ábside, frente a la nave de la iglesia, se forma con un tramo recto rematado por un testero ochavado de tres paños.

Los brazos del crucero se cubren con bóvedas de cañón resueltas con nervios y casetones, mientras que el espacio central se cubre con una bóveda elevada, a modo de cimborrio, sobre trompas que trasladan la forma cuadrada de su base a una planta octogonal. Esta bóveda, sin embargo, se encuentra bajo la influencia de formas góticas como ojivos, terceletes y arcos apuntados, y se ejecuta, sin embargo, con una estética cercana a los casetones renacentistas como veremos más adelante. El primer tramo del ábside queda cubierto con una bóveda de cañón semejante a la de los brazos del crucero, mientras que el testero ochavado se cierra con una bóveda, también acasetonada, de cascos esféricos y forma avenerada (fig. 48).

Antecedentes constructivos

En el conjunto de la cabecera encontramos, por tanto, tres tipos de bóvedas: las bóvedas de cañón en los brazos del crucero y el primer tramo del ábside, la bóveda “ojival” del espacio central del crucero, y la bóveda ochavada sobre el altar mayor. Sin embargo, pese a que estética y formalmente corresponden a distintos tipos de bóvedas, si atendemos a cuestiones constructivas nos encontramos ante piezas ejecutadas según el mismo método constructivo, basado en un sistema lineal ejecutado con piezas enterizas de piedra, lo cual muestra cómo la tradición gótica de construir bóvedas con nervaduras pudo adaptarse a los principios estéticos clásicos. Durante el siglo XVI se pasa lentamente de las bóvedas de crucería gótica a algo que puede tener una apariencia semejante, pero que es en realidad una bóveda de cantería renacentista. El cambio transforma los arcos apuntados en arcos de medio punto, redondea la sección, convierte la plementería en un aparejo de piezas grandes y correctamente labradas, ortogonaliza la decoración, etc. Este sistema de nervaduras adaptado a los modelos constructivos renacentistas se conoce tradicionalmente como “bóvedas por cruceros” (Vandelvira c. 1585; Guardia c. 1600; Rabasa 1996, 2000; Palacios 2003, 2013; Bravo 2009, 2011, 2013; Bravo y Palacios 2009, 2013; Natividad 2012).

Esta forma de construir bóvedas “por cruceros” recorre la mayor parte del quinientos español, desde el crucero y presbiterio de San Jerónimo de Granada hasta los manuscritos de Alonso de Vandelvira (c. 1585) y Alonso de Guardia (c. 1600). Sin embargo, y a pesar del elevado número de ejemplos dispersos por la mayor parte de la península e incluso México, los datos disponibles parecen indicar que la idea surgió

en Francia, puesto que existen ejemplos de este tipo de piezas en Blois y en Chambord, datables en la segunda década del siglo, y por tanto anteriores a las primeras bóvedas por cruceros peninsulares, las de la Ascensión de Aroche, el Ayuntamiento de Sevilla o las de San Jerónimo de Granada, sin duda posteriores a 1528 (Gómez Martínez 1998). En la península, las bóvedas por crucero tienen su origen en Andalucía a principios del siglo XVI, especialmente tras los acontecimientos de 1492: el descubrimiento de América y la conquista de Granada. Estos hechos sitúan el foco de atención en Andalucía por parte de los Reyes Católicos, concretamente en las ciudades de Sevilla y Granada. De un lado, en Sevilla fundan la Casa de Contratación, donde organizaban los viajes y controlaban las riquezas que llegaban de América, gestionando así desde esta ciudad las relaciones con el Nuevo Mundo. Esta situación propició que durante el siglo XVI Sevilla experimentara un gran desarrollo puesto que se construyeron algunos de los edificios más importantes de la época. Por otro lado, como ya se ha mencionado, Granada se convierte en un gran laboratorio urbano ante la necesidad por parte de los Reyes de regenerar la ciudad cristianizando sus usos y formas a través de nuevas construcciones, para lo cual, la introducción de un nuevo estilo arquitectónico aparece como la mejor opción. Es en este contexto en el que aparecen las bóvedas por cruceros en Andalucía, principalmente en los focos de Sevilla y Granada. Por tanto, ante las nuevas circunstancias sociales y económicas, y con el Renacimiento recién llegado de Italia, toda una escuela andaluza reinterpreta el repertorio formal romano mediante técnicas constructivas derivadas de la bóveda de crucería gótica. Por un lado, Diego de Riaño y Martín de Gainza en Sevilla, donde trabajarían en las casas consistoriales y en la catedral de la ciudad realizando obras cubiertas total o parcialmente por bóvedas por cruceros. Por otro lado, Diego de Siloé en Granada, concretamente en el monasterio de San Jerónimo, quien introduciría la bóveda por cruceros por primera vez en el monasterio de San Jerónimo, y posteriormente en la catedral de Granada.

La primera bóveda por cruceros en España podría ser la bóveda que cubre el primer tramo de la nave central de la iglesia de San Miguel en Morón de la Frontera (Sevilla), construida por Diego de Riaño en torno a 1523, según M^a Fernanda Morón de Castro (1995). De ahí en adelante se suceden las obras en Andalucía a lo largo del siglo XVI, cubiertas en su totalidad o parcialmente con bóvedas por cruceros (Palacios 2003; Bravo 2009, Bravo y Palacios 2009, 2013). La bóvedas acasetonadas de la cabecera de San Jerónimo, los arcos abocinados de la girola en la catedral de Granada, las

bóvedas esféricas denominadas “Capilla redonda por cruceros” o las vaídas de una importante serie de templos de la estereotomía española, como los de la iglesia de la Asunción en Aracena, la iglesia del Rosario en Zafra, el monasterio de San Jerónimo de Buenavista, la iglesia de la Asunción en Carmona, y la iglesia de la Consolación en Cazalla de la Sierra se resuelven trazando casetones en la superficie de la bóveda, que se materializan mediante una red de nervios, sobre la que se dispone una plementería. Muy frecuentes fueron también las cabeceras ochavadas ejecutadas por cruceros, como el “Ochavo de La Guardia”, construido por Andrés de Vandelvira en el convento de dominicos de La Guardia de Jaén (1539-1577), que alcanzaría la categoría de arquetipo en el manuscrito de Alonso de Vandelvira. Se trata de una bóveda en cuarto de esfera cortada por un plano vertical no diametral, que combina su trazado clásico con una evidente construcción ojival. En el entorno de Granada se hicieron frecuentes las “cabeceras siloescas”, ochavos acasetonados que no solo se ejecutaron en la capital, sino en todo el Reino. Encontramos bóvedas con casetones y ábsides ochavados ejecutadas por cruceros en las iglesias de Huéscar (Colegiata de Santa María la Mayor, 1536), Montefrío³¹ (Iglesia Antigua de La Villa, 1540) e Iznalloz (Iglesia Parroquial de Nuestra Señora de los Remedios, 1550), las dos últimas trazadas por Siloé según Gómez-Moreno en su libro *Las Iglesias de las Siete Villas* (1989) (fig. 49). Como sabemos, las bóvedas por cruceros son bóvedas configuradas por una red de nervaduras ortogonales que se materializa con dovelas en forma de cruz que se van ensamblando, unas con otras, hasta formar una parrilla ortogonal. Por tanto, la diferencia fundamental con las bóvedas góticas consiste en que los nervios no parten de las cuatro esquinas hacia la clave central, sino que forman una cuadrícula que cubre la totalidad de la superficie de la bóveda. Su aspecto formal es claramente renacentista; sin embargo, la técnica de construcción de estas bóvedas se basa en los principios lineales góticos. Los nervios que forman la retícula reciben el nombre de “cruceros” y las piezas que resuelven el encuentro entre dos nervios se llaman “crucetas”. Entre los cruces de los nervios quedan huecos que se cubren con casetones u otros elementos similares.

³¹ Ver Diego de Siloé y la iglesia de la Villa de Montefrío (Eisman 1989)

f48. Cabecera de la ilesia de San Jerónimo. Granada.

f49. Cabecera de la iglesia parroquial de Nuestra Señora de los Remedios. Izalzo

Como sabemos, al mismo tiempo que Siloé trabajaba en la “romanización” de la capilla mayor de San Jerónimo en sustitución de Jacobo Florentino, se incorporaba a las obras de la catedral como Maestro Mayor. Por tanto, no es en absoluto casual la relación directa entre ambas piezas arquitectónicas, tanto formal como constructivamente. En las capillas radiales de la cabecera de la catedral de Granada encontramos bóvedas de cañón con casetones, incluso una bóveda ochavada de casetones por cruceros en una de ellas. Es decir, los modelos de las bóvedas construidas en San Jerónimo fueron ejecutados posteriormente, aunque prácticamente al mismo tiempo, en las capillas radiales de la catedral.

El manuscrito de Alonso de Vandelvira (1580; f. 62v-65r, 70v-71r, 72v-73r, 75v-76r, 97v-102r, 103v, 104v-105r, 106v-107r, 124r) incluye trazas para las bóvedas por cruceros, ocupando un lugar importante entre todas las piezas que analiza el documento. Vandelvira hace referencia a cinco modelos diferentes de bóvedas por cruceros, todas ellas baídas configuradas por superficies esféricas. Los dos primeros poseen los cruceros dispuestos en una trama ortogonal paralela a los arcos torales, siendo una de planta cuadrada y otra de planta rectangular. Las tres restantes poseen la trama paralela a las diagonales. Al tratarse de superficies esféricas, Vandelvira propone una traza geométrica basada en la estereotomía de las cúpulas esféricas, siguiendo los mismos procedimientos para obtener el despiezo de la traza. Así pues, las plantillas de las caras de intradós de cada lecho se obtienen mediante el desarrollo de conos inscritos. De esta manera pueden obtenerse las plantillas correspondientes a dovelas trapezoidales que contengan cada uno de las crucetas. En realidad, no son muchas las bóvedas por cruceros existentes en España configuradas por superficies esféricas. Es más frecuente encontrar superficies de traslación consistentes en el desplazamiento de un solo arco en las dos direcciones ortogonales. La superficie resultante no es esférica, pero es más fácil de ejecutar ya que todos sus arcos son iguales.

Sin embargo, las bóvedas que encontramos en la cabecera de la iglesia en el monasterio de San Jerónimo son mucho más sencillas, puesto que en ningún caso presentan superficies esféricas. Como veremos más adelante, son bóvedas de cañón en unos casos y ochavadas en otros, cuya traza geométrica se obtiene se forma mucho más directa, y cuya labra, por ende, es en comparación mucho más sencilla, especialmente en la bóveda de cañón donde la curvatura es la misma en todos sus puntos, y las dovelas de las crucetas son todas iguales.

En cuanto a las cabeceras ochavadas, Vandelvira ofrece igualmente varias soluciones constructivas acordes a distintos modelos. El primer modelo que el manuscrito propone es un ochavo de planta irregular acoplado a un arco de medio punto. Es la solución que más se asimila a la cabecera de San Jerónimo y a otras cabeceras siloescas en el Reino de Granada. Vandelvira recomienda que tenga la planta que tenga, el movimiento de las sucesivas hiladas de dovelas se mantenga siempre constante, “Quiero aquí dar una regla general para todos los ochavos que se puedan ofrecer, que su movimiento sea a nivel ya sea igual que sea desigual...” (Vandelvira c. 1585, f. 103r) (fig. 50). Llama la atención que las juntas entre dovelas no se van contrapeando de una hilada a otra, lo cual, facilita el trazado y construcción de la retícula geométrica sobre su superficie, si bien estructuralmente no es la solución más idónea, puesto que será más inestable. Los patrones de las dovelas son, como en las trazas de bóvedas anteriores, los dibujos de las caras interiores de éstas. Aquí, sin embargo, es imposible recurrir al sistema de superficies cónicas inscritas para obtener las plantillas de intradós, como ocurre en las bóvedas de superficie esférica, puesto que su planta poligonal lo impide. Vandelvira propone partir de la planta trazando la división de los paños triangulares o “gajos” que convergen en el punto central donde se ubicará la clave. A partir de ahí, se trazará por un lado el arco total de medio punto, y por otro la sección transversal de la bóveda y la sección perpendicular a cada uno de los paños, trazando para ello un arco de circunferencia desde el punto medio de la imposta del paño hasta la clave, situando el centro en el plano de impostas. En este punto es importante tener en cuenta que, dado que se trata de un ochavo de planta irregular, la curvatura de la superficie cilíndrica no es igual en todos los paños. Por último Vandelvira divide el arco total en cinco partes haciendo pasar líneas horizontales por los puntos obtenidos que corten los arcos que definen las secciones de los gajos de la bóveda. De esta manera quedan configuradas las hiladas de la bóveda. A partir de ahí podrán obtenerse los patrones de cada una de las dovelas, comenzando por el gajo central y asegurando la continuidad con los paños sucesivos en los extremos.

El segundo modelo, llamado “Ochavo de La Guardia” (Vandelvira 1580, f. 103v) es una bóveda de intradós esférico, cortada por planos verticales que se ajustan a la planta del ochavo. Vandelvira define el “ochavo de La Guardia” como una variante de la bóveda tórica de Murcia en la que se ejecuta sólo la mitad para cubrir el ábside. Sin embargo, el dibujo que acompaña a esa descripción presenta claramente una bóveda de superficie esférica, como su arquetipo, la bóveda de La Guardia.

f50. Cabeceira ochavada. Vandelvira (c. 1585, f. 103r)

Curiosamente, de los tres casos de ochavos, este es el único en el que Vandelvira plantea la posibilidad de que la bóveda se ejecute, bien mediante dovelas, o bien mediante cruceros y plafones, solución empleada precisamente en la cabecera del Antiguo Convento de Santo Domingo en La Guardia (Jaén). Tras haber estudiado el despiece del primer caso, en el que el ochavo se configuraba sobre una planta irregular, en el tercer caso Vandelvira propone una solución sencilla de cúpula ochavada que, en principio, no presenta dificultad. Una vez efectuada la división de hiladas en la sección de medio punto, solo hay que trazar el gajo central y después los laterales. De la misma manera que en las bóvedas de cañón, se trata de superficies cilíndricas, por lo que la curvatura es siempre la misma. Así pues, bastará solo un baivel con la curvatura de la sección semicircular y la regleta orientada hacia su centro.

Levantamiento y análisis

Para poder llegar a conclusiones sobre la geometría, el despiece y la construcción de las bóvedas de la cabecera se han realizado levantamientos arquitectónicos precisos mediante fotogrametría de imágenes cruzadas de todo el conjunto, llegando al detalle en cada una de las piezas de cantería que lo conforman. Las fotografías se han procesado mediante PhotoModeler Scanner, que ha informado de un error máximo de 0.009 metros, dato aceptable teniendo en cuenta el espesor de las juntas, en torno a unos 2cm. La nube de puntos obtenida ha sido tratada posteriormente con programas CAD como Autocad y Rhinoceros para llegar a la elaboración de una representación gráfica rigurosa, no ideal, de la geometría de las bóvedas. Es importante destacar que las distintas piezas de estudio han sido representadas con las imperfecciones propias fruto de la construcción, tolerancias y deformaciones. Se han tomado 43 fotografías, obteniendo 2667 puntos de las superficies de intradós que configuran las distintas bóvedas del conjunto. En este punto es importante el hecho de que los casetones se encuentran, en su totalidad, decorados con esculturas y figuras que en muchos casos han dificultado la lectura de los elementos propiamente constructivos. Por tanto, en el estudio realizado, se obviarán dichos elementos ornamentales que poco tienen que aportar a la correcta lectura del análisis constructivo. Además, tanto la bóveda del crucero como el ochavo de la cabecera no muestran claramente las juntas entre dovelas debido al enlucido que las recubre. Si bien en algunos puntos el mal estado del enlucido deja ver la junta, no tenemos datos suficientes como para trazar la totalidad del despiece de intradós en ambos casos (fig. 51).

f51. Conjunto de la cabecera de San Jerónimo. Planta y sección transversal

A. Bóvedas cilíndricas

En primer lugar analizaremos las bóvedas de cañón, es decir, las bóvedas que cubren los brazos del crucero y el primer tramo del ábside, que si bien no son exactamente iguales en sus dimensiones, pertenecen a la misma tipología. Estas piezas son relativamente sencillas en lo que respecta a su geometría, puesto que son bóvedas de cañón con intradós cilíndrico, por lo que las soluciones adoptadas no presentan en principio gran complejidad. En estos casos sí se aprecian con claridad las juntas entre dovelas, por lo que el despiece de intradós ha quedado reflejado en los levantamientos (fig. 52).

Las bóvedas de los brazos del crucero son simétricas e iguales. Si la analizamos en planta, comprobamos que los cruceros se organizan según dos direcciones principales. La dirección longitudinal en la que se disponen 4 cruceros más largos, y la transversal en la que se disponen 10 cruceros menores. El cruce de estos 14 nervios configura una malla de 3x9 huecos, no todos iguales, sino que se alternan filas de casetones cuadrados, más pequeños, con cinco filas de casetones más grandes, aproximadamente el doble de largos en la dirección longitudinal de la bóveda. El perímetro de la planta se adapta a un rectángulo que mide 4,3 x 11,75 metros, unos 15 x 40,5 pies. Una vez estudiadas la forma y disposición de los cruceros en planta, pasamos a analizar las secciones de la bóveda para comprobar su perfil. En la sección vertical transversal de la bóveda observamos los cruceros menores en verdadera magnitud, que se presentan en hiladas horizontales, mientras que en una sección longitudinal se puede hacer lo propio con los mayores, que se presentan como arcos de medio punto exactamente iguales que los arcos torales de la bóveda. Es importante indicar que todos los cruceros menores tienen su arranque y final en los cruceros mayores perimetrales que coinciden con los arcos torales de la bóveda. Por otro lado, los cruceros mayores, al igual que los arcos torales, arrancan en las impostas de la bóveda. El perfil de la sección de la bóveda, que coincide con el perfil de los cruceros mayores, queda definido por un arco de circunferencia cuyo centro se sitúa en el plano de arranque de la bóveda (fig. 53).

La bóveda del primer tramo del ábside se dispone perpendicular a las anteriores, frente al espacio central del crucero. En planta, su dimensión es igual a las anteriores en la dirección longitudinal, es decir, en su lado más largo, mientras que es más ancha que aquellas teniendo en cuenta su dirección transversal. En planta comprobamos que los cruceros se organizan, igualmente, según dos direcciones principales.

f52. Bóveda cilíndrica por cruceros en San Jerónimo. Granada

f53. Bóveda cilíndricas en San Jerónimo. Sección transversal.

En la dirección longitudinal se disponen 6 cruceros más largos, y en la transversal se disponen 10 cruceros menores. El perímetro de la planta se adapta a un rectángulo que mide 5,6 x 11,75 metros, unos 19 x 40,5 pies. Aquí también se alternan filas de casetones de distinta longitud, tanto en la dirección longitudinal como en la transversal. Además, las dos filas iniciales, es decir, las que se encuentran en los arranques de la bóveda, no quedan divididas en casetones, sino que presentan un único hueco que ocupa todo el ancho de la bóveda. Tras analizar la disposición de los cruceros en planta, las secciones nos darán información sobre la geometría de su perfil. En la sección vertical transversal de la bóveda observamos los cruceros menores que se presentan en hiladas horizontales, mientras que en una sección longitudinal se puede hacer lo propio con los mayores, que se presentan como arcos de medio punto iguales que los arcos torales de la bóveda, y definidos por un arco de circunferencia de radio igual al radio de los arcos de las bóvedas de los brazos del crucero, y cuyo centro se sitúa en el plano de arranque de la bóveda. Todos los cruceros menores tienen su arranque y final en los cruceros mayores perimetrales que coinciden con los arcos torales de la bóveda. Por otro lado, sólo los arcos torales arrancan en las impostas de la bóveda, mientras que el resto de cruceros mayores arrancan en los cruceros menores inmediatamente superiores al arranque de la bóveda. En la sección transversal se observa la disposición alternada de los cruceros dando lugar a huecos de distintas proporciones, así como la primera fila de la retícula dispuesta con un solo hueco.

B. Cabecera ochavada

La siguiente pieza del análisis es el testero ochavado del ábside que cierra la cabecera tras el altar mayor (fig. 54). Siloé recurre aquí a un sistema de casetones por cruceros como en los tramos cilíndricos anteriormente descritos. Si observamos la planta, la imposta de la bóveda se presenta con forma trapezoidal irregular. En este caso, al contrario de lo que ocurría en la bóveda de cañón, la retícula formada por los cruceros no sigue una disposición ortogonal dada su forma ochavada, sino que presenta una disposición radial. Aparecen por tanto dos familias de cruceros, los horizontales, paralelos a la imposta, y los cruceros radiales. Los cruceros horizontales son cuatro y recorren la bóveda apoyándose en el arco toral, además, son más pequeños conforme se acercan a la clave. Estos cruceros paralelos, junto con los trece cruceros radiales que van desde la imposta hasta la clave forman una retícula de 11x3 casetones. La

clave se presenta igualmente con forma trapezoidal, decorada con gallones que siguen la misma disposición que los cruceros radiales de la bóveda. La forma trapezoidal de la bóveda en planta hace que ésta quede dividida en tres paños triangulares o “gajos” diferenciados, siendo los dos paños laterales más pequeños con una red de 3x3 de casetones, y más grande el paño central con una red de 5x3 de casetones. Al igual que ocurría en las bóvedas de cañón del crucero y del primer tramo del ábside, los cruceros paralelos no se disponen equidistantes entre sí, lo cual da lugar a una fila de casetones más pequeña entre las otras dos con casetones más esbeltos.

Al analizar la sección longitudinal de la bóveda, es decir, la sección dada por el plano del arco toral, se acentúa el carácter avenerado de la bóveda. En este caso no se advierte la geometría ochavada de su base y los cruceros radiales se proyectan como arcos de elipse distribuidos de forma homogénea en el intradós de la bóveda, de manera que, sin conocer su planta, podíamos pensar que se trata de un cuarto de esfera avenerado. Los cruceros paralelos a la imposta se presentan como nervios horizontales a modo de juntas de lecho entre hiladas, y como ocurría en planta, son más pequeños cuanto más cerca están de la clave. Por último, el arco toral de la bóveda viene definido por un arco de circunferencia con centro en el plano de impostas de la bóveda, siguiendo la geometría de la bóveda de cañón anterior a este tramo del ábside. La sección transversal de la bóveda es perpendicular al plano del arco toral y al paño central del ochavo, por lo que muestra el perfil del intradós de la bóveda en verdadera magnitud, que se presenta como un arco de circunferencia, dando lugar por tanto, a una superficie cilíndrica. En este punto es importante destacar la dificultad a la hora de tomar los datos correspondientes a las cotas más bajas de la bóveda, debido a gran retablo que ocupa el altar mayor, y el gran entablamento que oculta parcialmente el arranque de las bóvedas, por lo que en estos tramos de la cabecera se ha recurrido a una hipótesis de trazado reflejada en los planos. Como avanzábamos anteriormente, esta bóveda se corresponde en gran medida con el primer ochavo de Vandelvira, al tratarse de un ochavo de planta irregular acoplado a un arco de medio punto (fig. 55).

f54. Cabecera ochavada por cruceros en San Jerónimo.

f55. Cabecera ochavada en San Jerónimo. Planta y secciones

C. Bóveda del crucero

Por último, la bóveda que cubre el espacio central del crucero es, sin lugar a dudas, una pieza peculiar. Se trata de una bóveda con ojivos, terceletes y combados sobre arcos formeros apuntados siguiendo la estética de los elementos góticos, que sin embargo se ejecutan con nervaduras dobles unidas por pequeños nervios transversales que imitan las formas renacentistas de las bóvedas por cruceros. Su planta es un cuadrado de 11,5 metros de lado, unos 39,5 pies, un pie menos que la luz de los arcos sobre los que apoya, los arcos torales de los brazos del crucero y del ábside, que como hemos visto, son iguales (fig. 56). Para poder integrar el sistema de dobles nervios ojivales, el perímetro cuadrado se transforma en un octógono mediante trompas en las esquinas que se ejecutan como nichos para albergar esculturas y demás ornamentación. En planta se observan claramente las nervaduras dobles diagonales, los arcos formeros materializados también con dobles nervaduras, y los terceletes, combados y nervios secundarios, todos ellos ejecutados en piedra. Sin embargo, aunque la estética pretende acercarse a las bóvedas por cruceros renacentistas, el sistema constructivo es plenamente gótico, puesto que no existe una red de casetones tras los cruceros, sino que todo el sistema de nervios sustenta una plementería ligera. Al analizar las secciones, observamos claramente que se trata de una bóveda de crucería tradicional, cuya geometría coincide con las bóvedas medievales construidas con anterioridad en la península. La sección transversal de la bóveda, es decir, la sección dada por un plano perpendicular a los arcos formeros, muestra el rampante de la bóveda cóncavo como un arco de circunferencia que arranca en los arcos formeros, mientras que la sección diagonal dada por el plano de los ojivos muestra que los nervios diagonales son arcos de medio punto que arrancan en la base de la bóveda. Es decir, se trata de una bóveda de crucería generada por la intersección de dos bóvedas que, en lugar de cañones cilíndricos rectos, presentan superficies de traslación para elevar la clave de la bóveda, rasgo muy común en las bóvedas medievales. En ambas secciones observamos cómo los terceletes, las ligaduras y los nervios combados se adaptan a la geometría de la superficie de intradós (fig. 57).

f. 56. Bóveda del crucero en San Jerónimo. Planta

Sección transversal

Sección diagonal

f. 57. Bóveda del crucero en San Jerónimo. Sección transversal y diagonal

Conclusiones

Las bóvedas ejecutadas por cruceros representan un papel fundamental en la historia de la construcción de la arquitectura española, concretamente en la transición de los sistemas constructivos lineales góticos a los nuevos sistemas de cantería renacentista consistentes en la labra de piezas enterizas. Si bien el sistema de las bóvedas por cruceros se basa también en un sistema lineal de nervios, los medios y las técnicas para ejecutarlos son bien distintos, puesto que es imprescindible contar previamente con una traza y un despiezo previo completo como en las obras de estereotomía renacentistas.

El caso de la cabecera de la iglesia del monasterio de San Jerónimo en Granada es uno de los ejemplares más representativos del Renacimiento temprano, por las circunstancias de su construcción, por su coexistencia con elementos plenamente góticos ejecutados con anterioridad en el interior de la iglesia, y por estar considerada como la primera obra renacentista de la ciudad de Granada tras la reincorporación de la ciudad al Reino de Castilla. Siloé recurre al sistema de cruceros y casetones buscando las formas clásicas, y aunque la participación de Jacopo Torni en el trazado la cabecera es bastante cuestionable³², es cierto que Siloé seguiría la estética de cruceros también en la catedral de Granada, principalmente en los pasos entre la rotonda y el deambulatorio, donde la expresividad de la división ortogonal del intradós alcanza su máxima expresión. En la cabecera de San Jerónimo, los cruceros no son sólo un sistema constructivo, sino que se convierten en una estética formal que aporta unidad al conjunto renacentista ejecutado con posterioridad a la nave de la iglesia, y que debía servir como mausoleo. Es decir, al mismo tiempo que son elementos

³² Aunque autores como Gómez-Moreno y Martínez (1941) atribuyen a Jacopo Torni el cambio de estilo en la iglesia de San Jerónimo, es difícil relacionarlo directamente con el trazado de las bóvedas de la cabecera. Siguiendo los ejemplos construidos en la catedral de Murcia, cuando Torni aborda una pieza que se puede resolver por cruceros, como en el paso entre antesacristía y sacristía de Murcia, siempre opta por las piezas enterizas. También se podría decir lo mismo de la capilla de Junterón, si bien en ese caso no está probada la intervención de Torni, y la mayor parte de la ejecución es de la época de Jerónimo Quijano (José Calvo 2005, *Jacopo Torni l'Indaco vecchio and the emergence of Spanish classical stereotomy*).

estructurales, los cruceros se convierten en un motivo ornamental que sigue la estética “triumfal” clásica, acorde a la finalidad del espacio construido.

Volviendo a cuestiones constructivas, es importante destacar que, pese a la sencillez geométrica de las bóvedas cilíndricas en los brazos del crucero y en el primer tramo del ábside, no dejan de ser relevantes. Para su traza y su labra se ha de recurrir a los mismos sistemas que para las bóvedas de cañón tradicionales, de manera que una vez obtenido el prisma contenedor, se tallará la cruceta para materializar el cruce entre nervios. Los nervios lineales podrán tallarse directamente mediante el baivel, siendo la misma curvatura en todos los puntos del intradós de la bóveda.

En cuanto a la cabecera ochavada, aquí la cuestión es algo más compleja puesto que se trata de un ochavo irregular adaptado a un arco de medio punto. En este caso, como recomienda Vandelvira (c. 1585, f. 103r) en su tratado donde abarca esta cuestión, hay que prestar especial atención a los baiveles puesto que cada paño o “gajo” del ochavo se talla con un baivel distinto atendiendo a la curvatura de cada tramo. Además, para ajustar los lechos entre las hiladas de todos ellos, han de ajustarse los baiveles hacia el centro del ochavo, y no hacia el centro de cada uno de los gajos de forma independiente.

Por último, merece una mención especial la bóveda del espacio central del crucero. A pesar de ser una bóveda construida con métodos y geometría medievales, probablemente por cuestiones estructurales como sucedería posteriormente en la cúpula de la catedral de Granada, no se renuncia a la estética formal clásica. Siloé combina en este caso todo el repertorio de elementos góticos con una estética que pretende ser renacentista para evitar romper la unidad que tan cuidadosamente quiso aportar al conjunto. Lo que para muchos autores ha sido un error imperdonable, se presenta como un ejercicio de transición entre dos tendencias que convivieron durante mucho tiempo en Castilla, y que son, en muchas ocasiones, difíciles de diferenciar dada la estrecha relación que presentan en muchas de las piezas construidas, como veremos más adelante en las bóvedas de la girola en la catedral de Granada.

3.2. La catedral de Granada

« (...) es la primera iglesia del Renacimiento en España; sobre todo su capilla mayor y demás miembros contruidos por Siloée y Maeda, son lo más bello de tal estilo que se edificó en nuestra Península, y tanto aprecio mereció entonces, que en un memorial dirigido al Emperador en 1550, afirman *que no se sabe que haya otro (edificio) como él*; el insigne D. Diego Hurtado de Mendoza opina *que es templo el más suntuoso después del Vaticano de S. Pedro* en 1577 declaraba Francisco del Castillo que de todo el reino concurrían á él maestros y otras personas á imitar y deprender para hacer otras obras; al rey Felipe III se le dijo *que sin encarecimiento es el más insigne de toda la Cristiandad, sacando á san Lorenzo del Escorial* y no obstante á poco afirmaba Pedraza, que según decían los extranjeros era la octava maravilla»

Manuel Gómez-Moreno y González, 1892. *Guía de Granada*

Contexto histórico

Al llegar los Reyes Católicos a Granada, y sin cejar en su empeño de cristianizar la ciudad, establecieron temporalmente la catedral en la Mezquita de la Alhambra. Fue decisión de la Reina Isabel, sin embargo, que se trasladara y ocupara la Mezquita Mayor, por aquel entonces ya convertida en iglesia de Santa María de la O, y así lo hizo constar en su testamento. En 1504 ordena la Reina fundar aquí su Capilla de los Reyes, pero no es hasta 1507 cuando se cumplen sus aspiraciones, trasladando la Catedral al nuevo edificio (Gómez-Moreno 1892, Gallego y Burín 1982, Rosenthal [1961] 1990). La vieja Mezquita no cumplía, en cualquier caso, los requisitos espaciales y arquitectónicos propios de una Catedral cristiana, por lo que se toma la decisión de construir un nuevo templo junto a la antigua Mezquita donde se construiría la Capilla. De forma paralela se llevaron a cabo las obras de la catedral y la Capilla Real (fig. 58, 59), si bien éstas últimas fueron prioritarias ante la insistencia de la Reina Isabel en la “fundación y finalización de una capilla funeraria real junto a Santa María de la O” (Rosenthal [1961] 1990, p. 22, 193). Sin embargo las obras se paralizan en los años sucesivos, hasta el punto que el propio Cabildo debe rogar al emperador Carlos V en 1518 que cumpla las voluntades de su abuela y construya esta nueva iglesia (Gómez-Moreno 1982, p. 255, Rosenthal [1961] 1990, p. 23).

Los primeros datos tangibles acerca de la construcción de la catedral de Granada vienen asociados a la edificación de la Capilla Real. Se menciona una “traza de la Capilla Real sola” y una “traza mayor” firmada por Enrique Egas, que ya existía en 1505 (Gómez-Moreno 1941, p. 60; Rosenthal [1961] 1990, p. 22; Alonso Ruiz 2007, p. 133). En 1518 el cabildo pregunta al arzobispo “si se debe hacer y comenzar la dicha iglesia por la traza que por mandado de su señoría se hizo... o si se debe comenzar con la suntuosidad y grandeza que por otras trazas, parecer y voluntad que el Rey Católico... la quería hacer...”, lo que indica que en ese momento se están manejando distintas opciones de diseño, entre las que quizá figuren las trazas de 1505 (Gómez-Moreno 1892, p. 255; Gómez-Moreno 1941, p. 60; Rosenthal [1961] 1990, p. 23). En cualquier caso, en 1521 se nombra una comisión para abordar la cuestión de las obras y retomarlas, que solicita la presencia de Juan Gil de Hontañón y Enrique Egas, que residían en Salamanca y Toledo respectivamente.

f58. Plano de la Capilla Real de Granada. "En la Capilla Real de Granada" (Gómez-Moreno 1925)

f59. Bóveda del ábside en la Capilla Real de Granada.

No existe documentación que acredite la presencia del primero en Granada, pero sí acudió Egas, en virtud de la documentación analizada por los Gómez-Moreno (1892, 1941) y Rosenthal ([1961] 1990). Ese mismo año se abren las zanjas para la actual catedral, y en 1523 se inicia la ejecución de los cimientos, si bien se paralizan los trabajos hasta el año siguiente por la peste. En los años posteriores no debió avanzar mucho la obra, siendo Maestro Mayor de la catedral Enrique Egas, quien, al encontrarse trabajando al mismo tiempo en la catedral de Toledo, no residía en Granada y visitaba la ciudad de forma esporádica (Gomez-Moreno 1892, p. 256; Rosenthal [1961] 1990, p. 24-25).

Probablemente ante la necesidad de un arquitecto presente a tiempo completo en las obras, en 1528 se decidió nombrar un nuevo Maestro Mayor, que pasó a ser Diego de Siloé, quien había sido llamado ese mismo año expresamente para trabajar la construcción de la iglesia del monasterio de San Jerónimo y quien, a juicio de Rosenthal, es uno de los principales artífices de la introducción del Renacimiento en Granada (Gómez-Moreno 1892, p. 256; Gómez-Moreno 1941, p. 60; Rosenthal [1961] 1990, p. 24).

A mediados de los años veinte se introdujo en Granada un nuevo estilo arquitectónico de la mano de dos persuasivos apóstoles del Renacimiento, Jacobo Florentino y Diego de Siloé.³³

Rosenthal, E.E. [1961] 1990. *La Catedral de Granada*.

Más allá de la necesidad de una presencia más asidua del arquitecto en las obras, es probable que esta decisión tuviera su fundamento en la preferencia por el nuevo estilo renacentista de Siloé alejándose del proyecto ojival de Egas, puesto que no solo se encargó a Siloé la continuación de las obras, sino la elaboración de un nuevo proyecto, eso sí, respetando los cimientos y lo ya construido por Egas. Además, la decisión tomada por Carlos V en 1526 de situar en la capilla mayor su panteón imperial supone unas nuevas necesidades, probablemente incompatibles con el proyecto gótico que estaba en curso entonces, pero más acordes con el nuevo estilo “a lo romano”. No obstante, costó al monarca aceptar este nuevo estilo, preocupado por el contraste que presentaría con respecto a lo ya construido en la Capilla Real gótica.

³³ Cita original en Rosenthal, E. E., 1961. *The Cathedral of Granada*.

De hecho, a pesar de existir un grupo de partidarios del nuevo estilo, el cambio de proyecto de Siloé no salió adelante sin resistencias, puesto que en un primer momento el emperador Carlos V muestra rechazo por un nuevo edificio “a lo romano” ante el posible perjuicio que esto podría causar a la Capilla Real, ejecutada según los cánones del estilo Gótico. En 1529, el cabildo recibe “una cédula de su majestad en que manda que el edificio de esta iglesia no se haga al romano por el perjuicio de la Capilla Real”, por lo que acuerdan que “el maestro Siloé vaya a la corte a responder a su majestad y a defender sus obra e intención... de manera que en ella no haya embarazo” (Gómez-Moreno 1892, p. 257; Gómez-Moreno 1941, p. 61; Rosenthal [1961] 1990, p. 29). Aparentemente, Siloé convenció al emperador, pues a partir de ese momento pudo desarrollar su proyecto “romano” sin grandes obstáculos y las obras continuaron con gran celeridad.

Siloé realiza entre 1528 y 1532 una maqueta de su proyecto que, al parecer de Gómez-Moreno (1941), serviría para guiar en gran medida la construcción en los años sucesivos. De 1528 a 1530 se trabajó en el basamento general, lo que confirma la idea de que Siloé conservó parte de los cimientos de Egas, aunque sabemos que Siloé trabajó en los cimientos de la cabecera hasta 1537 (Gómez-Moreno 1941, p. 71; Rosenthal [1961] 1990, p. 28). En 1534-1535 se terminó la portada que precede a la sacristía mayor y se cerró una de las sacristías de las capillas, mientras que la capilla central ya estaba cubierta en 1540. En la capilla mayor se alcanzó la primera cornisa, situada aproximadamente a la misma cota que las bóvedas de la girola, en 1541. En 1552 se cerró el arco toral, y en 1555 se realizaron los planos para cubrir la capilla mayor y las capillas restantes del deambulatorio. En 1557-1558 se completó la bóveda de la capilla mayor, mientras que las bóvedas del ábside fueron terminadas en 1559, habilitándose el edificio para el culto en 1561. (Gómez-Moreno 1941, p. 61; Gallego y Burín 1982, p.508; Rosenthal [1961] 1990, p. 31). Por tanto, podemos estimar que las bóvedas de las capillas se construyeron alrededor entre 1534 y 1555, los pasos abocinados entre presbiterio y girola entre esa fecha y 1541 y las cinco bóvedas centrales de la girola en los primeros años de la década de los cuarenta.

De ahí hasta la muerte de Siloé en 1563 los trabajos siguieron con lentitud. Le sucedió entonces su discípulo Juan de Maeda, quien ejercía de aparejador en la obra desde 1544 (Domínguez 1984). Maeda se ocupó de los trabajos hasta 1568, construyendo el primer cuerpo de la torre y parte del muro oriental; pero la insurrección de los moriscos ese mismo año detuvo la obra por siete años y murió el maestro en 1576, cuando se

hacia la bóveda de la torre. En un primer momento, el Cabildo nombra a Asensio de Maeda como sucesor de su padre. Sin embargo, no pudo éste hacerse cargo de las obras, puesto que se encontraba al frente de la construcción de la catedral de Sevilla. Recomendó en su lugar a tres candidatos: Lázaro de Velasco, Juan de Orea y Francisco del Castillo, ya que “aunque en España hay mucha cantidad de maestros mayores que en particular tienen habilidad en alguna de las profesiones que se requieren no por esto serán los que convienen por tener en las demás grande ignorancia” (Gómez-Moreno Calera 1989a, p. 42). Finalmente, recibió Lázaro de Velasco el cargo de maestro mayor de la catedral, pero tras un pleito interpuesto por Orea, éste consigue que acabe renunciando el anterior. Juan de Orea ejercería la dirección un único año, falleciendo en los primeros meses de 1581.

Ambrosio de Vico estuvo al frente de la obra mientras continuaba la construcción de la torre. Para el trazado del crucero y el coro se consultó en 1583 a Asensio de Maeda, hijo de Juan de Maeda y Maestro Mayor de la catedral de Sevilla, y tras ejecutar varios pilares por temor de que se cayera la torre de la Mezquita se suspendió la obra hasta 1608. Finalmente, en 1614 Vico cerró la primera bóveda del crucero, recurriendo al estilo ojival para su ejecución; y tras la del crucero, en 1618 se cerró la bóveda del coro. En 1623 falleció Ambrosio de Vico, y según el manuscrito de Juan de Portor (1708 f. 31r) Juan de Aranda Salazar ganó una oposición para la maestría de Granada a Bartolomé Fernández Lechuga, si bien apenas ejerció por su dedicación en la construcción de la catedral de Jaén. En este punto es importante destacar que Juan de Aranda, sobrino y discípulo de Ginés Martínez de Aranda fue responsable de la ejecución de la mayoría de las bóvedas de la catedral de Jaén, destacando por su singularidad las baídas por hiladas diagonales (Galera 1977, 1978, 1982; Gila 1988, 1989; Calvo 1999, 2009a; Carvajal 2011).

En 1636 continuaron las obras bajo la dirección de Miguel Guerrero, quien hizo las bóvedas que faltaban del crucero y nave inmediata paralela a este, y cubrió las capillas de la izquierda, acabando hacia 1640. Quedaban por levantar doce pilares de las naves, la fachada y capillas de la derecha con su torre, y tras una serie de concursos para ocupar la plaza de Maestro Mayor, Alonso Cano presentó su traza para la fachada principal, distinta a la del proyecto de Siloé, y fue nombrado maestro mayor, pero al fallecer se acordó que Granados continuase la obra hasta su muerte en 1684. En este tiempo se hizo la fachada, capillas de la derecha y Contaduría, los pilares de las naves y sus arcos, y finalmente quedó a medio hacer la cúpula del trascoro, que él mismo

había proyectado tres años antes de morir. En 1684 fueron elegidos para sustituirle D. Teodoro Ardemáns, quien también colaboró en la construcción del Palacio Real de la Granja de San Ildefonso, y Melchor de Aguirre, arquitecto de la nueva iglesia de la Congregación del Oratorio de San Felipe Neri de Granada, los cuales hicieron la segunda bóveda del coro y parte de sus muros. Aguirre se ocupó después en acabar la fachada, hacer dos bóvedas en la nave central y cuatro de las laterales, que terminó Zurita. Desde entonces hasta 1701 éste y Francisco del Castillo labraron las doce que faltaban y el segundo acabó la media naranja con tan poco acierto, que fue preciso derribarla, y en su lugar Navajas y Otero construyeron otra bóveda en 1703, concluyendo así las obras en el edificio (Gómez-Moreno, 1892; Rosenthal [1961] 1990).

Las dimensiones del templo sin contar el espesor de los muros, son 116 metros de largo y 68 de ancho. La planta coincide en líneas generales con las catedrales góticas, es decir, presenta cinco naves, cabecera semicircular, y el crucero no queda remarcado en la planta, como ocurre en las catedrales de Toledo o Segovia. Sin embargo, a pesar de que la mayor parte del edificio se construyó después de morir Siloé, su proyecto se llevó a cabo con solamente algunas ligeras modificaciones. El edificio se compone de cinco naves separadas por cuatro filas de pilares con semicolumnas corintias adosadas, siendo la nave central más amplia y elevada, así como la del crucero. Las naves se cubren por bóvedas ojivales, y en las laterales se abren grandes arcos que dan acceso a las capillas hornacinas. Frente al crucero se abre el altar mayor, trazado como un organismo de planta central con un deambulatorio perimetral. La altura de esta capilla es de 45 metros y su diámetro de 22, y queda cubierta por una cúpula de lunetos. Siete arcos abocinados se abren comunicando el altar mayor con el ábside mediante bóvedas de casetones. La girola, que se desarrolla en forma de semidecágono por detrás de la capilla mayor, se abre a otras capillas radiales cubiertas con bóvedas de casetones y crucería. Al deambulatorio semidecagonal se añaden en los extremos dos tramos rectangulares que no siguen la disposición radial de la cabecera, sino que se alinean con las naves longitudinales de la catedral. Por último, un gran arco de triunfo comunica el altar mayor con la nave central del edificio. La planta circular de la rotonda central hace que el arco que se abre a la nave principal disminuya su espesor en su punto más alto, al adaptarse a la curvatura del paramento.

La planta de la catedral se caracteriza por la integración de dos unidades: un esquema centralizado con una rotonda con deambulatorio y capillas radiales, y un esquema

longitudinal con una nave basilical y un transepto secundario cruzado con la nave central. Probablemente, el primer modelo para la planta de la catedral de Granada fue la catedral de Toledo, cuyo Maestro Mayor era también Enrique Egas, con sus cinco naves y la nave alrededor del altar en la cabecera, distribución que sigue Egas en su traza de 1521 y que, una vez dispuesta en cimientos, condicionaría en parte al proyecto posterior de Siloé. Sin embargo, el interior renacentista del templo granadino cambia su ejecución con respecto al modelo toledano, incluso readaptando en casos puntuales los cimientos ya fundados. En cuanto a la distribución espacial de la sección transversal, se repite el esquema de naves de la catedral de Sevilla, con una nave central más elevada que las otras cuatro naves, laterales todas, de la misma altura. Sin embargo, atendiendo a la sección longitudinal de la nave principal, encontramos otra clara referencia en la catedral de Burgos, que igualmente otorga una gran relevancia al espacio de la capilla mayor, concretamente, la elevación del gran cimborrio sobre el centro del crucero y la construcción de la capilla del Condestable tras la girola, aproximadamente en el eje principal de la iglesia. La conquista de Granada en un momento clave de transición artística, facilita la aparición en Castilla del estilo “a lo romano”, al tiempo que se conservan rasgos de los ejemplares anteriormente contruidos. Por tanto, la diversidad de todos estos posibles antecedentes arquitectónicos viene a definir de alguna manera la coherencia en la evolución de la arquitectura española entre los siglos XV y XVI, lo cual ensalza aún más la relevancia de este edificio en la historia de la arquitectura en España.

Estado del arte y discusión

Muchos son los estudiosos que, desde que se construyera la catedral de Granada, han intentado arrojar luz sobre las circunstancias de su construcción, el origen del proyecto renacentista, la medida en que éste fue respetado tras la muerte de Siloé, y cuánto respetó este lo ya construido por Egas en 1528 cuando fue nombrado Maestro Mayor de la catedral. Autores como Francisco de Paula Valladar (1892), Lampérez y Romea (1909), Gallego y Burín (1982), Manuel Gómez-Moreno (1892) o Rosenthal ([1961] 1990) han estudiado la documentación existente, así como las trazas y proporciones del edificio con el objetivo de analizar el posible origen del proyecto, sus antecedentes, y las posibles motivaciones y condicionantes que guiarían a sus ejecutores durante la construcción del edificio. Durante algún tiempo, la principal preocupación de los

estudiosos fue averiguar en qué medida había influido en el diseño final la decisión del Emperador Carlos de hacer del Altar Mayor un mausoleo real para él y su familia.

De la misma manera, muchos autores han debatido sobre cuánto queda en la catedral actual de lo concebido y construido por Egas, o lo que es lo mismo, en qué medida Siloé respetó lo trazado por aquél. Sin embargo, no es hasta 1892 cuando Manuel Gómez-Moreno confirma que, efectivamente, Enrique Egas había construido los cimientos con anterioridad a la llegada de Siloé, dato que ha condicionado la mayoría de interpretaciones posteriores de la catedral. En 1896, Lampérez analiza las proporciones de la catedral mediante diagramas (Lampérez 1909, p. 98; Rosenthal 1990, p. 27), demostrando que la planta del edificio se ajusta en ciertos aspectos al esquema medieval usado en España. Estos descubrimientos llevaron entonces a la conclusión de que los cimientos de Egas fueron muy amplios, determinando la mayor parte de la planta. Sin embargo, Rosenthal (1990) defiende que no hay razones de peso suficientes para creer que todos los aspectos de la planta que se ajustan al esquema medieval de proporciones fueron necesariamente establecidos por Egas, o que Siloé se viera condicionado por las preexistencias de acuerdo a dichas proporciones. Rosenthal basa sus afirmaciones en el hecho de que ese mismo esquema geométrico es muy frecuente en las catedrales siloescas de Andalucía construidas a lo largo del siglo XVI, si bien es un argumento algo débil, puesto que puede entenderse que todas las catedrales de la Archidiócesis de Granada siguieran el esquema de la sede metropolitana. También apoya Rosenthal sus hipótesis en los esquemas de iglesias de cinco naves contenidos en el tratado de Simón García (1681, f. 11v-12v) considerándolos totalmente compatibles con el estilo romano³⁴. En cualquier caso, es importante destacar que Rosenthal es un ferviente defensor del carácter renacentista de la catedral, llegando a negar en ocasiones los evidentes rasgos góticos que la caracterizan (fig. 60, 61).

³⁴ Aunque Rosenthal menciona de forma explícita a Simón García, la mayoría de autores que han analizado el texto (Camón 1941 Gómez-Moreno 1949; Sanabria 1982) entienden que los seis primeros capítulos son de Rodrigo Gil de Hontañón, y por tanto su carácter clásico sería discutible.

f60. Catedral de Granada. Planta comparada con el esquema medieval para una catedral de cinco naves (Lampérez y Romea 1909)

f61. Evolución de la planta de la catedral de Granada según Rosenthal (1961).
 A la izquierda: cimientos empezados por Egas en 1523 y utilizados por Siloe después de 1528.
 A la derecha: Reconstrucción del proyecto de Siloe, 1528.

Con anterioridad al estudio de Rosenthal, y pese a que la catedral de Granada se considera una pieza única en la historia del Renacimiento Español, fueron muchos los autores que se mostraron críticos sobre la auténtica relevancia del edificio, desde la discreta aprobación de Gallego y Burín ([1961] 1982) hasta el rechazo absoluto de John Harvey por su ambigüedad estilística: “La catedral de Granada debe ser considerada como una de las tragedias arquitectónicas del mundo, una de las oportunidades perdidas más tristes” ³⁵ (1957, p. 228). Sin embargo, en general, la mayoría de autores consideran esta catedral como un híbrido en el que las formas renacentistas, en un intento de recuperar la tradición romana, se han añadido a una construcción medieval.

Paradójicamente esa apariencia exterior de la catedral, y en especial de su cúpula (...) presenta una fuerte contradicción al encontrarse sensiblemente teñida de medievalismo.

Ureña Uceda, A. 1999. *La Catedral de Granada y su imagen. Fortuna crítica de su representación gráfica desde el siglo XVI al XIX*.

Sin embargo, en 1961 Rosenthal procede a demostrar, basándose en los estudios previos realizados por Gómez-Moreno y en sus observaciones propias, que la interpretación de la catedral como una obra híbrida es completamente errónea. En 1941, Manuel Gómez-Moreno y Martínez informa que durante el examen de los cimientos de la cabecera para la restauración de 1926-1929 se habían descubierto varios fragmentos de cimientos no utilizados que, según Rosenthal, seguían la planta gótica de la catedral de Toledo. Asimismo Gómez-Moreno observa que la distancia entre el coro de la primera capilla de la nave y un altar situado en la parte trasera de la capilla mayor del plan original era de 120 pies, la misma distancia entre el altar y el coro de la catedral de Toledo. Estas observaciones indican que Siloé abandonó algunos, probablemente la mayoría, de los cimientos interiores de la cabecera original, adelantó el altar alrededor de once metros (36 pies) y diseñó de nuevo la planta de la rotunda actual. Por otra parte, tenemos constancia de que Siloé trabajó en los cimientos de la cabecera desde 1533 hasta 1537 (Gómez-Moreno 1941, p. 71; Rosenthal 1990,

³⁵ Traducción libre del original: “Granada Cathedral must be reckoned one of the world’s architectural tragedies, one of the saddest of wasted opportunities” en Harvey, J., 1957. *Cathedrals of Spain*.

p. 28). Todo esto indica que Siloé reformó parte de los fundamentos de Egas para adaptarlos a un nuevo diseño. Ahora bien, Rosenthal (1990, p.29) considera que los actuales muros perimetrales, similares al trazado de Toledo, fueron levantados sobre cimientos de Egas, pues no resultaban un obstáculo para la concepción de Siloé; serían por lo tanto los cimientos de los pilares interiores, alrededor de la rotonda, los reformados por Siloé. En cualquier caso, a la muerte de Siloé, en 1563, las obras de la catedral se encontraban bastante avanzadas, con la cabecera prácticamente terminada, y desde entonces han sufrido modificaciones menores, por lo que podemos entender que la disposición actual responde en lo sustancial a las intenciones de Siloé (Rosenthal 1990, p. 32), con la excepción de las dos bóvedas extremas de la girola, de trazado muy similar a las de las naves. Rosenthal (1990, p. 53) remarca el contraste de estas piezas con las cinco bóvedas centrales de la girola y advierte que las bóvedas de las naves no fueron concebidas ni construidas por Siloé, pues en una reunión de maestros celebrada en 1614 se afirma que “Hasta el cornisamento y arcos torales va conforme a la traza de Siloé. Desde allí siguió el género de la bóveda moderna y no romana como debía de ser”, lo que le lleva a adscribirlas a Asensio de Maeda o Ambrosio de Vico, teniendo en cuenta que en 1582 el cabildo discute la necesidad de cubrir el crucero y la nave central.

Con posterioridad al trabajo de Rosenthal, probablemente el más profundo y exhaustivo hasta el momento, y una vez analizadas todas las cuestiones referentes a la traza y el origen del proyecto en su conjunto, diversos autores han ampliado el conocimiento sobre aspectos concretos del edificio. Es el caso de Agustín Bustamante y Fernando Marías, quienes en 1982 publican un trabajo con el que analizan el papel de la catedral en la importación de elementos renacentistas, como por ejemplo la cúpula romana sin tambor, destacando su importancia para el posterior desarrollo de la arquitectura renacentista en España. Destacan también el carácter funerario de la cabecera, como posteriormente haría Ampliato Briones en su trabajo *Muro, Orden y Espacio en la Arquitectura del Renacimiento Andaluz*, publicado en 1996, quien además analiza la funcionalidad y la articulación entre los distintos espacios generados por los elementos constructivos del edificio. Aunque todos ellos, incluido Rosenthal (1958, 1961), vinculan la concepción de la cabecera con la imagen de Templo de la Anástasis o el Santo Sepulcro de Jerusalén, es Pedro Galera Andreu quien en 1992 analiza las relaciones constructivas entre las configuraciones espaciales de ambas piezas de forma detallada afirmando que en el proyecto de la catedral de Granada

existió desde el principio una intención clara de vincular la obra a Jerusalén, “como símbolo inseparable del hecho histórico trascendental que supuso incorporar el último bastión islámico en Occidente a la Fe cristiana y que como tal fue entendido en Europa” (Galera Andreu 1992, p.111).

Desde los trabajos publicados por Gómez-Moreno (1941) y Rosenthal (1990) los historiadores basan el diseño de la rotonda en la cabecera de la catedral en el deseo expreso del Emperador Carlos de ser enterrado allí. Sin embargo, en 1992 William Eisler resta importancia a este hecho como principal condicionante en el proyecto de la cabecera basándose en la documentación conservada. Por otro lado, mientras que todos los autores se centran en la figura de Diego de Siloé, muy pocos prestan atención a quien fuera su mejor discípulo, Juan de Maeda (Domínguez 1984, Gómez-Moreno 1992b). José Manuel Gómez-Moreno Calera hace en 1992 una revisión historiográfica y documental acerca de su obra, otorgándole más protagonismo del que tradicionalmente se ha considerado en obras como la catedral de Granada. También es importante destacar los trabajos realizados por Begoña Alonso Ruiz (2004, 2006, 2007, 2012) quien analiza la información proporcionada por nuevas fuentes documentales sobre las obras reales realizadas por los Reyes Católicos en la Granada recién reconquistada.

Desde que el profesor Rosenthal realizase su estudio acerca de la catedral de Granada en 1961, no se había publicado ningún libro que abordase con tanta profundidad dicha temática. Así que el Cabildo catedralicio y el arzobispado granadino encargan en el año 2000 la coordinación de una gran monografía al profesor Lázaro Gila Medina. Si bien la obra de Rosenthal se centraba en la historia del proceso constructivo y en los valores espaciales del edificio basándose en criterios históricos, este nuevo trabajo pretende ampliar las miras, acercándose a otros aspectos. Sin dejar de lado la extensa historia de construcción de la fábrica, analiza otros aspectos de la catedral como son el mobiliario, la pintura, la escultura, retablos, la orfebrería, etc. en lo que podemos considerar un trabajo multidisciplinar.

Documentación gráfica existente

Desde el proyecto gótico originario de Enrique Egas los dibujos producidos fueron numerosos, según es posible deducir de la documentación analizada por los historiadores. El concurso propuesto por Asensio de Maeda en 1576 documentado por

Rosenthal supuso la presentación de plantas, alzados y secciones por parte de diversos arquitectos. Sin embargo, no se conservan prácticamente ninguno de los numerosos dibujos que se hicieron, al menos no se han localizado. Destaca, pues, la existencia de la única planta conocida y conservada de los siglos XVI y XVII. Es obra de Juan de la Vega, cantero, maestro de obras y aparejador en el reino de Granada (Rodríguez Ruiz 1997). La planta es un dibujo a pluma trazado a partir de un diseño previo, posiblemente también suyo, sobre el que Juan de la Vega realiza un calco. No tiene un carácter proyectual, sino que se trata de un levantamiento incompleto del estado de la construcción.

Los dos grandes autores de vistas de ciudades europeas, Joris Hoefnagel y Anton van den Wyngaerde, estuvieron presentes en Granada de 1563 a 1565, y en 1567, respectivamente. Las tres vistas de Granada dibujadas por Hoefnagel pueden fecharse en 1563 y 1564, durante su viaje por España, y son contemporáneas de la que realizara en 1567 Anton van den Wyngaerde, es decir, poco después de la muerte de Siloé (Rodríguez Ruiz 1997, Ureña Uceda 1999). Mientras que Hoefnagel trataba sus vistas urbanas como composiciones paisajísticas, Van den Wyngaerde, era ante todo un topógrafo cuya finalidad era reflejar la realidad lo más fielmente posible (Ureña Uceda 1999). La representación de Hoefnagel de la cúpula de la catedral es, probablemente, la más antigua que se conoce de la pieza. No se adapta fielmente al modelo real, sino que sigue una forma cónica que se tomaría como modelo y que se repetirá en numerosas representaciones a lo largo de los siglos siguientes.

De finales del siglo XVI y comienzos del XVII, una época en la que se avanzó poco en la construcción de la catedral, se conservan, sin embargo, tres representaciones del edificio, atribuidas a quien fuera su maestro mayor durante muchos años, Ambrosio de Vico. El primero de ellos es una planta de la torre que se conserva en el Archivo de Simancas. Los otros dos dibujos fueron preparados para ser grabados e ilustrar la obra de Justino Antolínez de Burgos, *Historia Eclesiástica de Granada* (1620-1630). Uno es la célebre *Plataforma de la ciudad de Granada*, dibujada por Vico y grabada por Francisco Heylan hacia 1613-1614 (López Guzmán et al. 1984). El grabado es un dibujo sin fines proyectuales, sino que representa lo construido, constituyendo un valioso testimonio del estado de las obras de la catedral a finales del siglo XVI y principios del XVII (fig. 62). Como ya se ha comentado, la *Plataforma* presenta una vista en axonometría de la ciudad de Granada, con una información detallada de calles y edificios, constituyendo un documento inestimable de información urbana, si bien el

sistema de representación utilizado no parece controlado con suficiencia por Vico, llegando a alterar, posiblemente también con fines simbólicos, la disposición de algunas construcciones en el entramado de la representación. El otro dibujo, realizado por Heylan (Gómez-Moreno Calera 1992a; Rosenthal [1961] 1990), representa una sección transversal de la capilla mayor de la catedral, mucho más detallada y a escala sensiblemente mayor (fig. 63). Es un dibujo perfectamente controlado desde el punto de vista de la representación en proyección ortogonal. Un dibujo, de nuevo, no proyectual, sino levantamiento de lo existente o copia de un dibujo anterior. El grabado de Francisco Heylan de 1612 es la mejor muestra gráfica que tenemos del estado en el que Siloé dejó la capilla mayor en 1563, a pesar de haberse realizado 50 años después. Esto se debe, por un lado, a que el artista se basó en un dibujo de Ambrosio de Vico hecho en la década de 1590, y por otro lado, porque como sabemos, apenas se trabajó en la cabecera en período comprendido entre 1568 y 1612. No obstante, la representación más significativa y contundente de la catedral de Granada en el siglo XVII, aparte de los grabados de Heylan, la constituye, sin duda, imagen de la rotunda de la capilla mayor atribuida a Velázquez y conservada en la Biblioteca Nacional (Rodríguez Ruiz 1997).

En el siglo XVIII la representación gráfica de la catedral queda limitada en gran medida al campo del grabado. Si bien las estampas aumentan en número, descienden considerablemente en calidad, reduciéndose a copias, interpretaciones e incluso plagios de lo visto hasta el momento. Sin embargo, tampoco del siglo XVIII se conservan, o al menos no se conocen, dibujos de la catedral ni del nuevo proyecto del sagrario, a excepción de uno relativo a la torre de aquélla conservado en el Museo catedralicio. El dibujo fue reproducido en la obra de Gallego y Burín, *Granada: Guía artística e histórica de la ciudad* (1982), y parece ser una copia del dibujo de la torre del siglo XVI.

Por otro lado, de finales del siglo XVIII data la primera planimetría que podemos considerar precisa. Se trata de la planimetría realizada en torno a 1766 por José de Hermosilla bajo el encargo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. A pesar de algunos pequeños errores, esta planimetría es la mejor documentación conservada hasta las realizadas a finales del siglo XX. Como documentación más genérica, se conserva el *Plano general de la ciudad de Granada*, realizado por el matemático Francisco Dalmau en 1796, así como copias posteriores, como la de Alexandre de Laborde en su *Voyage pittoresque et historique de l'Espagne* (1806),

donde la planta de la catedral se representa se forma detallada en comparación con el resto de edificaciones de la ciudad.

En 1906 aparece el primer plano del conjunto realizado con técnicas topográficas modernas, la *Planta de la Ciudad de Granada* de la Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico dirigido por Ibáñez de Ibero. Sin embargo no es hasta 1993 cuando Antonio Almagro y Pedro Salmerón aportan una documentación gráfica completamente rigurosa y algo más detallada del edificio en su conjunto³⁶ (fig. 64). Este trabajo supone el levantamiento de mayor envergadura de los hasta ese momento realizados en España mediante técnicas fotogramétricas, consistente en plantas a distintos niveles, la totalidad de las vistas en alzado, y una serie de secciones que representan los elementos del edificio en su totalidad. Más recientemente, la última planimetría documentada hasta la fecha consistente igualmente en secciones, alzados y plantas, es la realizada por Enrique Villoslada Cazenave, M^a Ángeles Martínez Gomero y Enrique Villoslada Martín para el libro monográfico publicado por el profesor Lázaro Gila Medina (2005) junto a otros expertos e historiadores. Dada la precisión de los trabajos, estos han servido de gran ayuda como apoyo planimétrico de los levantamientos llevados a cabo en la presente investigación.

Pese a que en estos últimos casos la documentación gráfica generada es absolutamente rigurosa, no existen levantamientos detallados y precisos que representen con detalle, y a una mayor escala, la geometría de las bóvedas y demás elementos constructivos objeto de estudio en esta investigación. Sin embargo, en 2014 se publica *Las bóvedas de la girola de la Catedral de Granada: ¿Tradición tardogótica o innovación renacentista?*, que incluye levantamientos rigurosos de las bóvedas de la girola llevados a cabo por Rosa Senent, y cuyos resultados han sido analizados por ella misma, José Calvo y la autora de la presente tesis doctoral (Senent-Domínguez et al. 2016), siendo el único trabajo publicado que trata cuestiones estereotómicas en la catedral, y cuyas conclusiones se abordarán más adelante en este trabajo.

³⁶ Almagro Gorbea, A. y P. Salmerón Escolar (1993). "La Catedral de Granada. Documentación y levantamientos fotogramétricos". En *La conservación del Patrimonio Catedralicio*, 99 - 112. Madrid: Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Ministerio de Cultura.

f62. Catedral de Granada. Detalle de la *Plataforma de Granada* (Ambrosio de Vico 161-1614).
 Archivo del Patronato de la Alhambra

f63. Sección de la capilla mayor.
 Grabado de Francisco Heylan (1612).

f64. Plano de bóvedas de la catedral de Granada (Almagro 1993)

A pesar de su riqueza arquitectónica y espacial, así como el gran interés que encierra el edificio en su totalidad, este trabajo se centrará únicamente en la parte que consideramos renacentista, es decir la parte trazada y ejecutada por Siloé. Serán objeto de estudio, por tanto, los elementos arquitectónicos representativos contenidos en la cabecera y ejecutados con técnicas de cantería renacentista.

La cabecera de la catedral de Granada es un organismo centralizado donde todos los espacios remiten a un centro común, la capilla mayor de planta circular en torno a la cual se desarrolla un deambulatorio semidecagonal. Siete pasajes o “túneles” en la terminología de Rosenthal, cubiertos por arcos abocinados de gran profundidad, unen el deambulatorio con el altar mayor. Los cinco pasajes centrales se disponen radialmente alrededor del centro, mientras que los dos extremos se alinean con las naves laterales. Como consecuencia, los dos arcos abocinados de los extremos son asimétricos, pues conectan una testa exterior que sigue el trazado de las naves laterales, tangentes a la rotonda, con la testa interior, con simetría radial respecto al centro del presbiterio, que también siguen los restantes arcos abocinados en ambas testas. Por otra parte, un gran arco de triunfo, plano por una testa y cóncavo por la otra, lo comunica con la nave central.

La girola se divide en siete tramos cuadrangulares, separados por otros seis triangulares, como en la catedral de Toledo. Alrededor del deambulatorio, y en continuidad con las capillas hornacinas de la nave, se disponen siete capillas, frente a las bóvedas cuadrangulares de la girola, mientras que los espacios frente a las bóvedas triangulares se emplean como sacristías de las capillas.

Las bóvedas de este conjunto presentan una variedad sorprendente. La rotonda del presbiterio se cubre con una bóveda esférica de gallones, en la que se abren lunetos esféricos para alojar huecos de luces sobre la imposta. Los pasos entre presbiterio y girola se resuelven con bóvedas de casetones abocinadas, construidas diferenciando una red de nervios de una plementería que da el fondo de los casetones; este tipo de construcción, frecuente en el Renacimiento español, recibe en los manuscritos españoles de cantería la denominación de “bóvedas por cruceros”.

Las cinco bóvedas centrales de la girola se resuelven por el mismo método, pero además de los nervios que materializan los casetones existen otros dispuestos en forma de rombo, cuatro nervios curvos y unas ménsulas aisladas; no existen nervios diagonales u ojivos.

Por el contrario, las dos bóvedas extremas, frente a los arcos abocinados en esviaje, son bóvedas de terceletes de tradición gótica, con unas extrañas patas de gallo alrededor de las claves secundarias.

En cuanto a las bóvedas de las capillas y sacristías, curiosamente la extrema de la nave del Evangelio, frente a la bóveda de terceletes, se resuelve simplemente mediante una bóveda de cañón de casetones. Por el contrario, las cinco centrales presentan la testa posterior ochavada, por lo que se resuelven mediante una extraña combinación de bóveda de cañón con casetones en el tramo frontal, rematada por una combinación de bóvedas nervadas triangulares al fondo, salvo la primera del tramo de la Epístola.

Dada la importancia que adquiere la cabecera de la catedral de Granada como el primer proyecto renacentista en España, serán objeto de estudio las piezas de cantería singulares que la componen, principalmente sus bóvedas, que como veremos fueron ejecutadas siguiendo distintos patrones constructivos, todas ellas bajo la autoría de Diego de Siloé.

Las piezas objeto de estudio son:

- Las bóvedas de las capillas radiales (Diego de Siloé, 1534-1555)
- Los pasos abocinados entre altar mayor y girola (Diego de Siloé, 1535-1541)
- Las bóvedas de la girola (Diego de Siloé, 1541-1559)
- El arco toral del Altar Mayor frente al crucero (Diego de Siloé, 1552)
- La cúpula con lunetos del Altar Mayor (Diego de Siloé, 1555-1558)

En este punto es importante destacar que la cúpula que cubre la rontoda de la cabecera no fue construida en piedra, siendo la única de esta lista que no se ejecutó con técnicas de cantería renacentista. Al contrario del resto de piezas incluidas en este trabajo, la cúpula de la cabecera se levantó mediante un sistema de nervios estructurales que soportan una plementería ligera de ladrillos y pequeñas piezas. A pesar de estas circunstancias, la cúpula ha sido incluida como una pieza más dada su gran relevancia histórica y arquitectónica, el papel destacado que los historiadores le otorgan en la introducción del Renacimiento en España, y su gran presencia en la literatura y en los trabajos anteriores a este trabajo. Además, son especialmente interesantes los lunetos generados al abrir huecos en su superficie, los cuales serán igualmente analizados puesto que estos sí se ejecutan en piedra.

Además de las piezas mencionadas, existe una Vía de San Gil en el interior de los contrafuertes de la cabecera en la catedral de Granada (Palacios [1990] 2003, p. 169), si bien ha sido imposible la toma de datos de la misma por problemas de accesibilidad, puesto que se encuentra cerrada a cualquier tipo de acceso por cuestiones de seguridad.

3.2.1. Las capillas radiales

La disposición radial de la cabecera estará presente en todas las piezas analizadas, puesto que es la base para la configuración espacial y geométrica del conjunto. Los elementos últimos de esta planta centralizada, que se encuentran en el punto más alejado del centro de la rotonda, son las capillas y pequeñas sacristías radiales que conforman la parte externa de la cabecera.

La construcción de un deambulatorio semidecagonal dio lugar a la disposición de capillas radiales correspondientes con cada uno de sus lados. Como ya hemos descrito anteriormente, la girola se compone de cinco tramos centrales, que se corresponden con el semidecágono y se disponen radialmente alrededor del centro, y dos tramos que se suman a los extremos y se alinean con las naves laterales. Por lo tanto la girola se divide finalmente en siete tramos cuadrangulares, separados entre ellos por otros seis triangulares, como en la catedral de Toledo, solución que también recuerda a uno de los dibujos de Leonardo da Vinci, aunque las capillas rectangulares son ligeramente oblongas en este (Rosenthal 1990, p. 92).

Alrededor del deambulatorio, y en continuidad con las capillas hornacinas de la nave, se disponen seis capillas frente a las bóvedas cuadrangulares de la girola, a excepción de la correspondiente al tramo en el extremo frente a la Capilla Mayor. Por otro lado, los espacios frente a las bóvedas triangulares se emplean como sacristías de las capillas. Como ya hemos comentado anteriormente, sabemos que la portada que da acceso a la sacristía se completó en torno al año 1534. Sin embargo, en la documentación analizada por los historiadores no se hace mención explícita a la bóveda que cubre este espacio. Por otro lado, sabemos que la capilla central alineada con la nave principal ya estaba cerrada en 1540, y que en 1555 se realizaron los planos para cubrir el resto de ellas. Por tanto, podemos situar los trabajos en las bóvedas de las capillas entre 1534 y 1555. En cuanto a las bóvedas que cubren estos pequeños espacios, curiosamente la capilla del extremo de la nave del Evangelio, en el lado opuesto a donde se encuentra la Capilla Real, se resuelve simplemente mediante una bóveda de cañón de casetones siguiendo el mismo esquema formal y ornamental de las capillas de las naves laterales, por lo que no será objeto de estudio.

Por el contrario, las cinco centrales presentan la testa posterior ochavada, por lo que se resuelven mediante una extraña combinación de bóveda de cañón con casetones en el tramo frontal, rematada por una combinación de bóvedas nervadas triangulares al fondo en lo que Rosenthal ([1961] 1990, p. 93) define como la decisión menos acertada de la catedral (Fig. 65).

Este tipo de abovedado, en la profundidad de las capillas pobremente iluminadas, es uno de los pocos rasgos verdaderamente góticos que perviven en las partes terminadas por Siloé.³⁷

Rosenthal, E. E. (1961) 1990. *La Catedral de Granada*.

Las bóvedas de las cinco capillas centrales, las cuales analizaremos a continuación, se resuelven todas igual salvo la que da acceso a la sacristía, la cual presenta casetones en la totalidad de la bóveda, tanto en el primer tramo de cañón como en la parte posterior ochavada (Fig. 66). Por tanto, aunque en principio son bóvedas relativamente sencillas constructiva y geométricamente, son piezas de gran importancia en cuanto a la evolución, no solo del estilo arquitectónico, sino también de los sistemas constructivos entre el estilo “moderno” y “romano”, dada la combinación de soluciones adoptadas en la cubrición de un mismo espacio, siendo además de reducidas dimensiones.

Antecedentes constructivos

Como hemos comentado anteriormente, las bóvedas que cubren las capillas de la cabecera no encierran gran complejidad, por lo que las soluciones adoptadas son, en principio, sencillas. Sin embargo, si atendemos a cuestiones constructivas y no formales, encontramos un sistema lineal ejecutado con piezas enterizas de piedra, lo cual muestra cómo la tradición gótica de construir bóvedas con nervaduras pudo adaptarse a los principios estéticos clásicos. Este sistema de nervaduras adaptado a los modelos constructivos renacentistas se conoce tradicionalmente como “bóvedas por cruceros” (Vandelvira c. 1585; Guardia c. 1600; Rabasa 1996, 2000; Palacios 2003, 2013; Bravo 2009, 2011, 2013; Palacios 2003, 2013; Natividad y Calvo 2012).

³⁷ Cita original en Rosenthal, E. E., 1961. *The Cathedral of Granada*.

f65. Capillas radiales de la catedral de Granada.

f66. Capilla anterior a la sacristía en la catedral de Granada.

El antecedente más directo y cercano tanto temporal como geográficamente es la cabecera de la iglesia del monasterio de San Jerónimo en Granada, la cual se construía prácticamente de forma simultánea a la catedral. Como sabemos, Siloé trabajó desde 1928 en la construcción de la capilla mayor de San Jerónimo en sustitución de Jacobo Florentino tras el fallecimiento de este, es decir, de forma casi paralela a su incorporación a las obras de la catedral. Por tanto, no es en absoluto casual la relación directa entre ambas piezas arquitectónicas, tanto formal como constructivamente. En la cabecera de la Iglesia de San Jerónimo encontramos bóvedas de cañón con casetones en el crucero, y una bóveda ochavada de casetones por cruceros en el ábside. Es decir, los dos modelos de bóvedas que cubren las capillas radiales de la catedral fueron ejecutados también en la cabecera de San Jerónimo.

Como anteriormente se ha apuntado (p. 153–155), en España las bóvedas por cruceros tienen su origen en Andalucía en la primera mitad del siglo XVI, época en que ciudades como Sevilla o Granada adquieren una gran relevancia gracias a acontecimientos como el descubrimiento de América y la conquista de la capital granadina en 1542. Podemos situar la primera bóveda por cruceros en la iglesia de San Miguel en Morón de la Frontera (Morón de Castro 1995), construida por Diego de Riaño en torno a 1523 simultáneamente a las bóvedas del ayuntamiento de Sevilla (Morales 1981, 1984, 1985) (fig. 67). De ahí en adelante se generaliza en Andalucía la construcción de obras cubiertas en su totalidad o parcialmente con bóvedas por cruceros, principalmente a lo largo de la primera mitad del siglo XVI (Palacios y Bravo 2013). Lo mismo ocurrirá en el entorno granadino, y tanto es así, que las “cabeceras siloescas” con este tipo de bóvedas no solo se ejecutan en la capital, sino en todo el Reino de Granada. Encontramos bóvedas con casetones y ábsides ochavados ejecutadas por cruceros en Huéscar (Colegiata de Santa María la Mayor), Iznalloz (Iglesia Parroquial de Nuestra Señora de los Remedios) y Montefrío (Iglesia Antigua de La Villa). En palabras de Gómez-Moreno, “la iglesia de Iznalloz es una reproducción en pequeño de la catedral de Granada” (Gómez-Moreno Calera 1989c, p. 139).³⁸

³⁸ Esta afirmación puede ser discutible dado que, ni la planta ni la organización espacial de la iglesia de Iznalloz se asimilan a la catedral granadina. Sin embargo podemos interpretar que Gómez-Moreno Calera se refiere principalmente al ábside y los pilares, ejecutados a la manera de Siloé en la Catedral.

Como ya hemos comentado anteriormente, las bóvedas por cruceros son bóvedas configuradas por una red de nervaduras ortogonales que se materializa con dovelas en forma de cruz que se van ensamblando, unas con otras, hasta formar una parrilla ortogonal. Su aspecto formal es claramente renacentista; sin embargo, la técnica de construcción de estas bóvedas se basa en los principios lineales góticos. Los nervios que forman la retícula reciben el nombre de “cruceros” y las piezas que resuelven el encuentro entre dos nervios se llaman “crucetas”. Entre los cruces de los nervios quedan huecos que se cubren con casetones u otros elementos similares.

Como ya se ha comentado (p. 157-158) Vandelvira (c. 1585, f. 62v, 63r, 64r, 64v) ofrece una gran variedad de soluciones de bóvedas ejecutadas por cruceros, ocupando un lugar importante entre todas las piezas que analiza el documento, incluso se atreve con tipologías de bóvedas con geometrías más complejas, como la “Bóveda de Murcia por cruceros” (Vandelvira c. 1585, 70v), la “Capilla perlongada por cruceros” (Vandelvira c. 1585, 98v), o sus conocidas cabeceras ochavadas (Vandelvira c. 1585, 103v, 104v, 105r, 106v). Dentro de estas últimas es especialmente importante el “Ochavo de la Guardia” (fig. 68), que, como sabemos, debe su nombre a la cabecera construida por Andrés de Vandelvira en el convento de los dominicos de La Guardia de Jaén (Gila 1992, Galera Andreu 2000). Dentro de las bóvedas de superficie esférica, Vandelvira hace referencia a cinco modelos diferentes de bóvedas por cruceros. Los dos primeros poseen los cruceros dispuestos en una trama ortogonal paralela a los arcos torales, siendo una de planta cuadrada y otra de planta rectangular. Las tres restantes poseen la trama paralela a las diagonales. Al tratarse de superficies esféricas, Vandelvira propone una traza geométrica basada en la estereotomía de las cúpulas esféricas, siguiendo los mismos procedimientos para obtener el patronaje. Así pues, las plantillas de las caras de intradós de cada lecho se obtienen mediante el desarrollo de conos inscritos. De esta manera pueden obtenerse las plantillas correspondientes a dovelas trapezoidales que contengan cada uno de las crucetas. Igualmente es frecuente encontrar superficies de traslación consistentes en el desplazamiento de un solo arco en las dos direcciones ortogonales. La superficie resultante no es esférica, pero es más fácil de ejecutar ya que todos sus arcos son iguales (Palacios y Bravo 2013).

Sin embargo, a excepción de la capilla anterior a la sacristía, las bóvedas que encontramos en las capillas de la catedral de Granada son mucho más sencillas,

puesto que son bóvedas de cañón, cuya traza geométrica se obtiene de forma mucho más directa, siendo su labra mucho más sencilla.

En cuanto a las cabeceras ochavadas, Vandelvira ofrece igualmente varias soluciones constructivas. El primer modelo es un ochavo de planta irregular acoplado a un arco de medio punto (Vandelvira c. 1580, f. 103r), siendo imposible recurrir al sistema de superficies cónicas inscritas para obtener las plantillas de intradós, ya que su planta poligonal lo impide. Como vimos anteriormente, este modelo de Vandelvira coincide con la bóveda ochava en la cabecera del monasterio de San Jerónimo (p. 164-165).

El segundo modelo es el “Ochavo de La Guardia” (Vandelvira 1580, f. 103v) definido por una superficie de intradós esférica, cortada por planos verticales que se ajustan a la planta del ochavo. Como veremos en el análisis geométrico, es la solución que más se aproxima al ochavo de la bóveda que cubre la capilla anterior a la sacristía. Como ya hemos comentado anteriormente, Vandelvira dibuja su traza como una bóveda esférica siguiendo la geometría de su arquetipo, la bóveda jienense de La Guardia, a pesar de definirla su desarrollo como la mitad de una bóveda de Murcia. Curiosamente, de los tres casos de ochavos, este es el único en el que Vandelvira plantea la posibilidad de que la bóveda se ejecute mediante dovelas o mediante cruceros y plafones, solución empleada precisamente en la cabecera del Antiguo Convento de Santo Domingo en La Guardia (Jaén) (fig. 68).

Por último, tras haber estudiado el despiece del primer caso, en el que el ochavo se configuraba sobre una planta irregular, este caso es un sencillo caso de cúpula ochavada que, en principio, no presenta dificultad. Una vez efectuada la división de hiladas en la sección de medio punto, solo hay que trazar el gajo central y después los laterales. Al tratarse de superficies cilíndricas, la curvatura es siempre la misma, por lo que bastará solo un baivel con la curvatura de la sección semicircular y la regleta orientada hacia su centro.

f67. Bóveda del primer tramo de la nave central en la iglesia de San Miguel. Morón de la Frontera

f68. Ochavo de la Guardia. Vandelvira (c. 1585, f. 103v)

Levantamiento y análisis

Para estudiar la disposición geométrica y constructiva de la bóveda se han realizado levantamientos arquitectónicos precisos mediante fotogrametría de imágenes cruzadas de los dos tipos de bóvedas que cubren las capillas centrales de la cabecera, correspondientes a los tramos ejecutados por Siloé. Las fotografías se han procesado mediante PhotoModeler Scanner, que ha informado de un error máximo de 0.013 metros, menor que el grosor medio de las juntas entre dovelas es de 2cm. La nube de puntos obtenida ha sido tratada posteriormente con programas CAD como Autocad y Rhinoceros para llegar a la elaboración de una representación gráfica rigurosa, no ideal, de la geometría de la bóveda, con las irregularidades y deformaciones propias por las tolerancias de ejecución. Se han tomado 23 fotografías, obteniendo 812 puntos que representan las superficies de intradós que configuran las distintas bóvedas objeto de análisis. El estudio geométrico se centrará principalmente en los cruceros de la bóveda, puesto que son estas piezas las que proporcionan al conjunto su configuración geométrica global, mientras que los casetones son unos elementos añadidos posteriormente que se ajustan en forma y dimensiones al hueco generado entre los cruceros. En este punto es importante destacar que las bóvedas no muestran claramente las juntas entre dovelas debido al enlucido que las recubre. Si bien en algunos puntos el mal estado del enlucido deja ver la junta, no tenemos datos suficientes como para trazar la totalidad del despiezo de intradós.

A. Capillas radiales

En primer lugar, analizaremos las bóvedas de las capillas radiales de la cabecera de la catedral a excepción de la que precede a la sacristía, que como sabemos es distinta. Estas bóvedas se materializan con una combinación de bóveda de cañón en la parte frontal y bóvedas nervadas triangulares en la parte posterior. Centrándonos en la bóveda de cañón, si la analizamos en planta, comprobamos que los cruceros se organizan según dos direcciones principales. La dirección longitudinal en la que se disponen 4 cruceros más largos, y la transversal en la que se disponen 12 cruceros menores. El cruce de estos 16 nervios deja una malla de 3 x 11 casetones. El perímetro de la planta se adapta a un rectángulo que mide 9,5 x 3,15 metros, unos 32 x 10,5 pies. Una vez estudiadas la forma y disposición de los cruceros en planta, pasamos a

analizar las secciones de la bóveda para comprobar su perfil. En la sección vertical transversal de la bóveda observamos los cruceros menores que se presentan en hiladas horizontales, mientras que en una sección longitudinal se puede hacer lo propio con los mayores, que se presentan como arcos de medio punto exactamente iguales que los arcos torales de la bóveda. Es importante indicar que todos los cruceros menores tienen su arranque y final en los cruceros mayores perimetrales que coinciden con los arcos torales de la bóveda. Por otro lado, los cruceros mayores, al igual que los arcos torales, arrancan en las impostas de la bóveda (fig. 69). El perfil de la sección de la bóveda, que coincide con el perfil de los cruceros mayores, queda definido por una circunferencia cuyo centro se sitúa en el plano de arranque de la bóveda. En cuanto a la sección transversal, no aporta mayor información que la disposición horizontal de los cruceros menores. Sin embargo, esta sección transversal muestra el perfil de la testa posterior ochavada y la configuración espacial de este espacio tras la bóveda de cañón, resuelto por un sistema nervado gótico. En lugar de una bóveda que cubra el espacio arrancando desde la cornisa, la cubrición se ejecuta mediante bóvedas trianguladas que apoyan sobre paramentos verticales, y cuyos nervios arrancan en los chaflanes del ochavo confluyendo en jarjas góticas. Los nervios más pequeños desembocan en claves secundarias, mientras que los nervios mayores desembocan en la clave principal, que viene a coincidir con la clave del crucero perimetral de la bóveda de cañón, asegurándose así la continuidad en esta singular combinación de sistemas constructivos (fig. 70).

B. Capilla anterior a la sacristía

En cuanto a la capilla de la sacristía, encontramos igualmente un primer tramo cubierto con una bóveda de cañón con casetones resuelta por cruceros. Formalmente es prácticamente igual a las anteriores, si bien varía en las dimensiones y la distribución de los cruceros. De la misma manera, los cruceros se organizan según dos direcciones principales, siendo 4 los cruceros longitudinales mayores, y 8 los transversales más pequeños, generando una retícula de 3 x 7 casetones. El rectángulo descrito en la planta mide 8,8 x 3,8 metros, aproximadamente 30 x 13 pies. En cuanto a la disposición de los cruceros en las secciones verticales, el caso de estudio es idéntico al anterior. La sección transversal muestra los cruceros menores en verdadera magnitud que se presentan en hiladas horizontales, mientras que en una sección longitudinal observamos los cruceros mayores, ejecutados como arcos de medio punto,

exactamente iguales que los arcos perimetrales de la bóveda, y cuyo perfil queda definido por una circunferencia con centro en el plano de impostas de la bóveda (fig. 71).

En cuanto a la parte posterior ochavada de la bóveda, no se resuelve en este caso mediante sistemas góticos de nervios ojivales, sino que Siloé recurre a un sistema de casetones por cruceros como en los tramos cilíndricos anteriormente descritos. Si observamos la planta, la cornisa sobre la que apoya la bóveda se presenta en este caso con forma trapezoidal, mientras que los arranques de la bóveda pertenecen a un arco de circunferencia algo menor que una semicircunferencia. En este caso, al contrario de lo que ocurría en la bóveda de cañón, la retícula formada por los cruceros no sigue una disposición ortogonal. Por un lado los 4 cruceros mayores se presentan paralelos a la testa de la bóveda, y paralelos por tanto a los cruceros longitudinales del tramo cilíndrico anterior. Por el contrario, existen 8 cruceros menores, continuación de los 8 cruceros menores de la bóveda de cañón, que se materializan como arcos de circunferencia, representados en planta como arcos de elipse, que siguen el esquema radial del ochavo. Nuevamente se crea una retícula de 3 x 7 casetones con la diferencia de que, en este caso, no son todos iguales, sino que presentan distinta forma según el tramo de la bóveda en el que se encuentren situados, más o menos alejados del arranque. Al analizar la sección longitudinal observamos los cruceros mayores en verdadera magnitud, que se presentan como arcos semicirculares concéntricos, de menor radio cuanto más cerca están de la testa posterior, cuyo centro se sitúa en el plano de impostas de la bóveda. Estos cruceros son, además, concéntricos con respecto a los cruceros mayores de la bóveda de cañón. Los cruceros menores, por otro lado, siguen una disposición radial cuyo centro coincide con el centro de las circunferencias que configuran los cruceros mayores. Por último, la sección transversal de la bóveda muestra el perfil de la misma como un arco de circunferencia, del mismo radio que el arco de circunferencia que configura las impostas de la bóveda (fig. 72). Por tanto, podemos afirmar que nos encontramos ante una superficie esférica delimitada por planos verticales no diagonales. Por lo tanto podemos afirmar que la solución adoptada en la capilla de la sacristía es una de las propuestas por Vandelvira para resolver cabeceras ochavadas, el “Ochavo de La Guardia” (1580, f. 103v).

f69. Capillas radiales. Planta

Sección longitudinal

Sección transversal

f70. Capillas radiales. Secciones.

f71. Capilla anterior a la sacristía. Planta y secciones.

f72. Capilla anterior a la sacristía. Detalle de bóveda esférica

Conclusiones

A pesar de la aparente sencillez geométrica de las piezas analizadas, las bóvedas de casetones por cruceros son una tipología de bóveda muy importante en la transición constructiva entre sistemas góticos y renacentistas. En este contexto adquieren especial relevancia las bóvedas por cruceros de las capillas radiales de la catedral de Granada, dado el papel protagonista que ejercen este edificio y sus ejecutores en el proceso de implantación del Renacimiento en el Reino de Castilla.

En el caso de las cuatro capillas centrales, esta evolución formal y constructiva es aún más evidente, al combinarse la bóveda de cañón con casetones resuelta por cruceros con la posterior testa ochavada cubierta mediante un sistema gótico de bóvedas triangulares nervadas con jarjas y claves secundarias. Resulta llamativa esta combinación, y la documentación existente no alcanza a mostrar las motivaciones o condicionantes que llevaron a Siloé y sus discípulos a ejecutar el conjunto de esta manera, renunciando a una única pieza formalmente renacentista como ocurre en la capilla que da acceso a la sacristía.

En el caso de esta última capilla (Gómez-Moreno 1892, Rosenthal [1961] 1990), todo el espacio se cubre con una única bóveda casetonada en la que se distinguen dos tramos con soluciones geométricas diferenciadas. En este caso Siloé resuelve con soltura el ochavo posterior sin renunciar a la solución renacentista, solventando así las inevitables diferencias geométricas entre los dos tramos de la capilla y aportando unidad al conjunto puesto que no se observan dos bóvedas, sino una sola pieza que cubre todo el espacio. Además, llama notablemente la atención la escasa profundidad de los casetones, de manera que los cruceros destacan muy poco, es decir, en este caso la línea tiene poco protagonismo con respecto a la superficie, característica plenamente renacentista que no suele ser habitual en las bóvedas resueltas por cruceros, donde el protagonismo recae sobre los elementos lineales.

Dado que no tenemos datos suficientes para datar la construcción de la capilla que da acceso a la sacristía, no podemos evaluar con precisión la evolución de esta con respecto de las anteriores. Por un lado, debemos suponer que ésta fue la última de las bóvedas en ejecutarse, puesto que Siloé resuelve con éxito una solución plenamente renacentista frente a las bóvedas restantes que presentan soluciones menos avanzadas formal y constructivamente. Sin embargo, sabemos que en 1534 ya estaba

terminada la portada que da acceso a la sacristía, por lo que no es de extrañar que esta fuera la primera de las bóvedas en ejecutarse, para dejar cubierto este espacio. En este caso, Siloé habría aportado una solución renacentista en primer lugar, para dar un paso atrás en el resto de bóvedas posteriores a ellas, lo cual parece no tener mucho sentido.

Por otro lado, los historiadores mencionan la necesidad de iluminar de forma natural las capillas mediante aperturas en los muros posteriores. Sin embargo, parece que esto habría sido igualmente posible con una bóveda resuelta de igual manera que la capilla de la sacristía, o, como sugiere Rosenthal, una solución de media cúpula donde podría haberse abierto un luneto. No conocemos a ciencia cierta a quién debemos atribuir el diseño de esta extraña combinación, si a Siloé o a su aparejador en ese momento, Sebastián de Alcántara. Sí que es cierto que para los fieles admiradores del Renacimiento, como Rosenthal, supone la decisión menos acertada de la catedral, fruto de la improvisación y probablemente condicionada por cuestiones estructurales que, al fin y al cabo, sucede en un lugar poco visible del edificio.

3.2.2. Los pasos entre altar mayor y girola

Tampoco retrocedió ante el esviaje de los primeros tramos del embocinado hacia la girola con arcos de muy comprometido despiezo.

Gómez-Moreno y Martínez, M.1941. *Las águilas del Renacimiento Español*

La configuración centralizada de la cabecera se deja notar especialmente en los pasos que comunican el altar mayor con el deambulatorio de la cabecera, precisamente por su disposición radial, no solo en planta, sino en sección, como veremos más adelante. Estos “túneles” son profundos pasillos que comunican el espacio circular central con la girola o deambulatorio semidecagonal, lo cual los convierte en espacios de transición de especial relevancia y complejidad formal.

La descripción del estado en que Siloé dejó la cabecera queda perfectamente resumida en el alzado-sección de la rotonda grabado por Francisco Heylán alrededor de 1612. En él aparecen todos los pasajes que conectan la rotonda con el deambulatorio, todavía abiertos, puesto que cinco de ellos serían cerrados con muros de piedra en 1926. Esto se debe a que, en 1926, el Arzobispo de Granada decidió trasladar el coro, inicialmente situado en la nave central de la catedral, al altar mayor, por lo que hubo que construir muros de 12 pies de altura en los arcos que daban acceso a los pasajes abocinados para situar allí los asientos del coro (Rosenthal [1961] 1960, p. 34). Sin embargo, estos cambios alteraron sustancialmente la esencia del proyecto de Siloé. En su trabajo, Rosenthal insiste en esta cuestión con la discreta intención de hacer entender al cabildo la necesidad de eliminar estas alteraciones para devolver a la cabecera su aspecto original, cosa que finalmente consiguió.

Presumiblemente los cambios eran satisfactorios desde un punto de vista litúrgico, pero desde un punto de vista histórico y estético fueron las alteraciones más drásticas sufridas por el proyecto de Siloe en los 400 años transcurridos desde su fundación.³⁹

Rosenthal, E. E. (1961) 1990. *La Catedral de Granada*.

³⁹ Cita original en Rosenthal, E. E., 1961. *The Cathedral of Granada*.

Estos pasajes que unen la capilla del altar mayor con el deambulatorio aumentan en altura y en anchura a medida que se alejan del centro de la cabecera. Ajustados a los radios de la rotonda, los pilares y los pasillos se expanden a medida que se aproximan al deambulatorio, tanto en anchura como en altura, puesto que las bóvedas de cañón que cubren los pasillos también se elevan a medida que se alejan de la rotonda para igualar la altura de las capillas del deambulatorio. Estos pasajes entre los sólidos contrafuertes que rodean la rotonda están unidos por pasillos transversales que forman un deambulatorio secundario a través de la base de los contrafuertes. La disminución de la altura y de la amplitud de esos pasillos contribuye a crear un efecto de perspectiva que potencia la disposición central de la cabecera, de manera que el efecto acentúa la apariencia de una profundidad mayor de la que estos pasillos tienen en realidad (fig. 73). Por último, los dos pasillos extremos situados a ambos lados del arco toral, se abren más que los cinco centrales para alinearse con las naves longitudinales de la catedral, dando lugar a aberturas en esviaje. En este punto Rosenthal apunta a lo específico de las circunstancias (combinación de rotonda central con naves longitudinales) como condicionante para trazar formas asimétricas de este tipo (Rosenthal 1990, p. 92), si bien cabe la posibilidad de una predisposición por parte de los ejecutores y del propio Siloé para exhibir su virtuosismo, práctica muy frecuente en las obras de cantería del siglo XVI, como ya comentamos en capítulos anteriores (fig. 74).

Los pasajes entre la rotonda y el deambulatorio se cubren con bóvedas de casetones “por cruceros” que configuran bóvedas de cañón abocinadas en los cinco pasos centrales y bóvedas de cañón abocinadas y esviadas en los extremos. Estas bóvedas, al igual que las que cubren las capillas radiales podrían relacionarse formalmente con el modelo clásico de arco de triunfo romano. Por otro lado, un rasgo característico de estos pasajes es el encalado blanco, muy frecuente del Renacimiento así como en otros periodos, no sólo por sus ventajas higiénicas sino para la conservación de la piedra. Hay que tener en cuenta que la piedra con la que se construyó la catedral, procedente de Santa Pudia y Alfacar, es relativamente suave y porosa, de modo que una capa de lechada de cal servía para protegerla de la humedad, endurecerla y hacerla más duradera (Rosenthal 1990, p. 29).

f73. Bóveda de uno de los pasajes centrales de la cabecera de la catedral de Granada.

f74. Bóveda de uno de los pasajes extremos de la cabecera de la catedral de Granada.

Antecedentes constructivos

En cuanto a la configuración formal del conjunto radial de los pasajes, algunos autores (Rosenthal [1961] 1990, p. 84; Bustamante y Marías 1982, p. 109; Galera 1992, p. 109; Ampliato 1996, p. 95) señalan diversos edificios clásicos e italianos de finales del siglo XV y principios del XVI como posibles antecedentes⁴⁰, especialmente Santa Costanza, puesto que existe una expansión semejante de la anchura de los arcos, relativamente poco profundos, que se apoyan sobre las columnas pareadas entre la rotonda y el deambulatorio. Más reciente es el crucero de la catedral de Pavía, donde encontramos formas que se expanden y se contraen, como en la rotonda de Granada. La cabecera de Siloé ocupa fácilmente su lugar entre los proyectos renacentistas basados en la antigua rotonda con deambulatorio. Esta antigua forma central parece haber sido el modelo a partir del cual Siloé transformó la tradicional cabecera radial de la catedral gótica. Ninguna capilla mayor europea anterior a esta tiene un carácter abierto y centrípeto comparable al suyo, sin embargo, podemos encontrar ciertas similitudes con la rotonda de Sainte-Bénigne de Dijon (siglo XIII - XIV), de la que actualmente solo se conserva la cripta, originalmente abadía y posterior catedral. Formas robustas y una relación dinámica de los elementos arquitectónicos fueron empleadas también en el norte de Italia, en el nuevo centro de Roma y en gran parte de Europa durante el siglo XVI.

En lo que respecta a las bóvedas que cubren estos pasajes, como ya sabemos, se ejecutan como bóvedas de casetones “por cruceros” de la misma manera que los tramos cilíndricos de las bóvedas que cubren las capillas radiales de la cabecera, teniendo ambos una relación evidente y directa con las bóvedas por cruceros de la cabecera de San Jerónimo en Granada, contemporáneas de aquellas. Sin embargo, en el caso de estos pasajes entre la rotonda y la girola de la cabecera, no encontramos ni las bóvedas por cruceros de superficie esférica que propone Vandelvira (c. 1580)

⁴⁰ “El templo de Minerva Medici, el caldarium de las Termas de Caracalla y Santa Constanza, en Roma; el Mausoleo de Diocleciano en Spalato; el Anástasis del Santo Sepulcro de Jerusalén; el Baptisterio de Bramante para la iglesia de Santa María presso San Satiro, en Milán o diversos diseños de Giuliano de Sangallo”. Ureña Uceda, A., 1999. *La Catedral de Granada y su imagen. Fortuna crítica de su representación gráfica desde el siglo XVI al XIX*, p. 270.

en su manuscrito, ni las sencillas bóvedas de cañón cilíndricas que cubren las capillas radiales anteriormente analizadas. Mientras que los cinco pasajes centrales se materializan en bóvedas “abocinadas” con impostas oblicuas pero simétricas, los dos pasajes situados en los extremos presentan, además, un tipo de esviaje de manera que ni las testas ni las impostas guardan entre sí relación alguna de paralelismo, perpendicularidad o simetría. Por último, estas piezas albergan aún mayor complejidad, puesto que la testa interior, es decir, la testa más cercana al centro de la cabecera, al encontrarse con la superficie cilíndrica de la rotunda genera lo que conocemos como “Arco en torre redonda”, como resultado de trazar un hueco en un paramento cilíndrico. Todas estas circunstancias coinciden en los pasajes extremos, mientras que los cinco centrales evitan el esviaje. Por tanto nos encontramos ante piezas geométricamente muy complejas, sobre todo si tenemos en cuenta que no se materializan como superficies lisas, sino por cruceros. Además, hemos de tener en cuenta que los tratados y manuscritos analizan estas circunstancias por separado en la mayoría de casos, y pocos tratan las soluciones combinadas ejecutadas en los pasajes de la catedral de Granada. Las tres soluciones básicas tratadas en los manuscritos para poder definir correctamente el trazado de las bóvedas de los pasajes son el “Arco esviado”, el “Arco abocinado” y el “Arco en torre cavada y redonda”, además de sus derivados y combinaciones.

En el manuscrito de Martínez de Aranda (c. 1600, pl. 7) encontramos el “Arco viaje contra cuadrado por testa” que comienza con el caso más sencillo, es decir, un arco que cubre un vano con planta trapezoidal, de tal manera que las testas son oblicuas, siendo las dos jambas paralelas entre sí. Esta primera traza no aparece en muchos textos de cantería, quizá por lo “elemental” de su traza, pero la encontramos en algunos tratados como el *Libro de Arquitectura* de Hernán Ruiz (c. 1550 f. 47 v), resuelta por robos, o en el *Cuaderno de Arquitectura* de Juan de Portor y Castro (1708), que emplea la misma técnica que Aranda. Igualmente encontramos trazas de la misma familia en Philibert de L’Orme (1567, f. 71 r – 72 r), y en las que Vandelvira (c. 1580 f. 19 r. y 19 v) propone como “Arco Disminuido” y “Viaje por Testa”.

Por otro lado, prácticamente todos los tratados y manuscritos de cantería incluyen soluciones para los arcos esviados en los que las jambas son paralelas entre sí y oblicuas a las testas, a su vez paralelas entre sí. Martínez de Aranda (c.1600, pl. 10) los denomina “Arco viaje contra viaje por testa” cuya traza se corresponde en líneas

generales con la de otros autores, como el “Viaje por Testa” de Vandelvira (c. 1580, f. 19 v).

Cuando una de las jambas es oblicua a la otra y a las dos testas, el problema se aborda casi siempre mediante un haz de planos de lecho con eje perpendicular a las testas; esto da lugar a una superficie de intradós alabeada, conocida como cuerno de vaca. Martínez de Aranda (c. 1600, pl. 11) aborda esta cuestión en su “Arco viaje contra cuadrado por lado y por robos”. Como en otros muchos casos, el problema se puede abordar por robos o por el procedimiento directo, 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. Por otro lado, Vandelvira (c. 1580, f. 26 v) ofrece una alternativa basada en dividir ambas testas en partes iguales, lo que da lugar a un cono oblicuo perfectamente desarrollable que se puede labrar por plantas. El problema que presenta esta solución es la dificultad del abatimiento, puesto que aquí las juntas de intradós no son horizontales, cuestión que Vandelvira resuelve con elegancia por triangulación.

Por último, si ambas jambas son oblicuas a las testas y simétricas, tenemos el “Arco abocinado”. Martínez de Aranda (c. 1600, pl. 33) 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, al igual que el último caso de la serie anterior (fig. 75). La solución del “Arco abocinado” en sentido estricto es sencilla, puesto que las superficies de intradós y trasdós son conos con vértice común, lo cual simplifica la obtención de las plantas por lecho y por cara para labrar las dovelas. Si bien Vandelvira no incluye la traza de este arco en su manuscrito, probablemente por considerarla una solución sencilla, sí que la presentan otros tratados como el de Alonso de Guardia (c. 1600) y Juan de Portor (1708, f. 7). Por el contrario, Martínez de Aranda presenta una variante más compleja, el “Arco abocinado en viaje por testa” que se aproxima sensiblemente a la solución de los pasos extremos en la cabecera de la catedral de Granada. Es un arco abocinado que presenta una de las testas perpendicular a la bisectriz de las jambas, pero la otra no. Este rasgo hace que la obtención de las plantas por cara y por lecho sea mucho más compleja que en la traza anterior. En los escritos de cantería aparece,

como otros arcos abocinados especiales, en el Cuaderno de Juan de Portor y Castro (1708, f. 9). El reparto del dovelaje 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. (Calvo 1999, 113 – 117).

Por último, si la peculiaridad del arco abocinado es que posee las jambas asimétricas, circunstancia que también se da en los pasos extremos de la girola, tenemos lo que Aranda (c. 1600, pl. 37) denomina “Arco abocinado viaje por cara” (fig. 76). En esta ocasión la dificultad no viene dada por una testa oblicua a la otra, sino porque los arcos de testa no comparten eje, sino que uno se halla desplazado respecto al otro. No es un arco muy usual pero aparece en el texto de Portor y Castro (1708, f. 7 v). En cualquier caso, la construcción es similar a la anterior, con la diferencia 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 los arcos de testa, dividiéndolos en tramos iguales. Para obtener las plantas por lecho y por cara, Aranda nos remite a la traza anterior

En lo que respecta a los arcos abiertos en paramentos curvos, casi todos los tratados y manuscritos los recogen y los denominan “Arco en torre redonda o convexa”, y “Arco en torre cavada o cóncava”. Lo habitual es que, en estos casos, los muros presenten ambos paramentos curvos, lo que da lugar al “Arco en torre cavada y redonda”. Los tres casos se resuelven por abatimientos alrededor de la junta de intradós.

En la catedral de Granada esta pieza presenta la combinación del abocinamiento y el hecho de abrirse el arco en un paramento cóncavo. En principio, el problema se puede resolver mediante una superficie de intradós cónica, sin embargo los manuscritos y tratados no adoptan exactamente esta solución, sino que generalmente proyectan cilíndricamente arcos de medio punto sobre los paramentos dando lugar a un ligero alabeo de la superficie de intradós, despreciable en la mayoría de casos. 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. Al trazar la pieza de esta forma se genera un ligero alabeo en el intradós, pues la superficie que generada por los dos arcos es un cono desarrollable y por tanto todas las juntas convergen en su vértice, pero al proyectar el arco ejecutado en paramento curvo sobre la testa plana, las juntas de intradós giran ligeramente.

f75. "Arco abocinado". Martínez de Aranda (c. 1600, pl. 33)

f76. "Arco abocinado viaje por cara". Martínez de Aranda (c. 1600, pl. 37)

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 coplanarias. En cualquier caso, como ya hemos comentado, este efecto resulta casi imperceptible en la práctica (Martínez de Aranda c.1600, pl. 104; Portor y Castro 1708, f. 8 v)

Sin embargo, para los pasajes extremos, encontramos un caso combinación de todas las anteriores (arco esviado, abocinado, y en torre redonda) en el tratado de Martínez de Aranda (c. 1600, pl. 106). Se trata de lo que el autor define como “Arco en torre cavada abocinado en viaje por cara y por testa”, donde se abre un arco abocinado en un muro con un paramento curvo y otro plano, de manera que el eje del cono de intradós y el cilindro del paramento se cruzan y no se cortan. Para obtener las plantas por lecho el manuscrito hace referencia al “Arco abocinado en torre cavada” (Martínez de Aranda c.1600, pl. 104). Sin embargo, observamos una clara diferencia, pues al abatir no se utiliza como charnela una recta de punta, sino una recta horizontal que pasa por el vértice inferior y por su imagen en la proyección oblicua, de la misma manera que en el “Arco abocinado viaje por cara” (c. 1600, pl. 37).

Es importante tener en cuenta que, al contrario de lo que ocurre en otros casos complejos como las cabeceras ochavadas, las soluciones de los tratados expuestas anteriormente se refieren siempre a superficies continuas de piedra, y no a bóvedas por cruceros como es el caso que nos ocupa, por lo que la solución pasaría por obtener las plantillas correspondientes a las dovelas trapezoidales que contienen cada uno de encuentros entre los cruceros para, posteriormente, labrar las crucetas.

Levantamiento y análisis

Los levantamientos arquitectónicos mediante fotogrametría de imágenes cruzadas se han realizado para estudiar la disposición geométrica y constructiva de las bóvedas que cubren los pasajes entre la rotonda y el deambulatorio de la catedral de Granada. Como hemos analizado anteriormente, se trata de piezas con una gran base teórica en cuanto a su trazado geométrico, por lo que los levantamientos son una herramienta imprescindible en su estudio. Las fotografías se han procesado mediante PhotoModeler Scanner, que ha informado de un error máximo de 0.008 metros. La nube de puntos obtenida ha sido tratada posteriormente con Autocad y Rhinoceros para

llegar a la elaboración de una representación gráfica no ideal de la geometría de las bóvedas. Se han tomado 45 fotografías, obteniendo 684 puntos que representan las superficies de intradós que configuran las distintas bóvedas objeto de análisis. El estudio geométrico se centrará principalmente en los cruceros de la bóveda, puesto que son estas piezas las que proporcionan al conjunto su configuración geométrica global, mientras que los casetones son unos elementos añadidos posteriormente que se ajustan en forma y dimensiones al hueco generado entre los cruceros. Además, el carácter lineal de los cruceros será de gran ayuda en la comprensión del trazado de hiladas en estas piezas tan complejas. En este punto es importante destacar que las bóvedas no muestran claramente las juntas entre dovelas debido al enlucido que las recubre. Si bien en algunos puntos el mal estado del enlucido deja ver la junta, no tenemos datos suficientes como para trazar la totalidad del despiece de intradós.

A. Pasajes centrales

En primer lugar, analizaremos las bóvedas abocinadas de los cinco pasajes centrales alineados radialmente con la rotonda central de la cabecera. Estas bóvedas se ejecutan con una superficie de intradós cónica siguiendo los trazados de los arcos abocinados contenidos en los manuscritos de cantería, siendo una de sus testas un arco de medio punto contenido en un plano vertical que corresponde con uno de los lados del semidecágono del deambulatorio, mientras que la otra testa, de radio menor, es un arco en torre cavada puesto que corresponde con el paramento cilíndrico de la rotonda central de la cabecera. Nos encontramos por tanto ante el caso de “Arco abocinado en torre redonda y cavada”.

Analizándola en planta, comprobamos que los cruceros se organizan según dos direcciones principales. La dirección longitudinal en la que se disponen 10 cruceros vistos en verdadera magnitud como líneas rectas, y la transversal en la que se disponen 5 cruceros vistos en planta como líneas rectas igualmente, menos la testa interior de la bóveda, que se presenta como una línea curva. Todos los cruceros transversales tienen su arranque en las impostas de la bóveda, mientras que los cruceros longitudinales, arrancan y concluyen en las testas de la bóveda. El cruce de estos 15 nervios deja una malla de 4x9 casetones. Su planta, simétrica, se adapta a una especie de trapecio donde el más pequeño de sus lados se presenta como una curva, y cuyas dimensiones son 25 pies de ancho en su testa mayor, 25 pies de profundidad, y 17 pies de ancho

en su testa menor. Una vez estudiadas la forma y disposición de los cruceros en planta, pasamos a analizar las secciones de la bóveda para comprobar su perfil.

En la sección vertical transversal de la bóveda observamos los cruceros transversales en verdadera magnitud, que se presentan como arcos de circunferencias concéntricas, al igual que las testas, cuyo centro se sitúa medio metro por encima de la cornisa. Por otro lado, los cruceros longitudinales se presentan alineados con los radios de las circunferencias concéntricas descritas por los cruceros menores, confluyendo en el centro de estas.

En cuanto a la sección longitudinal, observamos los cruceros transversales como líneas verticales, menos el que corresponde a la testa interior que se muestra como una línea curva puesto que coincide con el paramento curvo de la rotonda. Esto nos indica que Siloé decidió resolver de forma independiente el “Arco abocinado” en la mayor parte de la bóveda, y el “Arco abocinado en torre redonda y cavada” en la testa interior, en lugar de resolver toda la bóveda como ésta última. Esta decisión facilita en gran medida el trazado del despiece de la bóveda, puesto que resuelve el alabeo ocasionado por la testa en el interior del pasaje. Por otro lado, los cruceros longitudinales quedan representados como líneas radiales que convergen en un mismo punto, el vértice de la superficie cónica. Este punto queda situado medio metro por encima de las cornisas, por lo que se encuentra a la misma cota que el centro de las testas (fig. 77).

B. Pasajes extremos

Como sabemos, los pasajes situados en los extremos del deambulatorio, a ambos lados del arco de triunfo, poseen una configuración espacial distinta, puesto que al mismo tiempo que siguen la disposición radial de la cabecera, se alinean con las naves laterales, generando una geometría singular tanto en planta, como en las bóvedas que cubren estos pasajes. Estos condicionantes generan, como en los pasajes centrales, arcos abocinados ejecutados con una testa plana (alineada con las naves laterales) y otra en “torre cavada” (correspondiente al paramento cilíndrico de la rotonda). Además, debido a la forzada alineación con las naves, se genera una singularidad añadida, materializándose las bóvedas como piezas asimétricas que poseen tanto las tetras como las impostas oblicuas entre sí. Esta solución se corresponde en gran medida con lo que anteriormente hemos definido como “Arco en torre cavada abocinado en viaje por cara y por testa”.

Los cruceros se organizan igualmente en dos “familias”, los cruceros longitudinales, que apoyan en las testas de la bóveda, y los transversales, que arrancan en las impostas de ésta. En la dirección longitudinal se disponen 10 cruceros vistos en planta como líneas rectas que se disponen radialmente entre las impostas oblicuas de la bóveda. En la dirección transversal se disponen 5 cruceros vistos en planta como líneas rectas y oblicuos, excepto la testa menor, que se presenta como una línea curva. El cruce de estos 15 nervios deja una malla de 4x9 casetones. En planta, la bóveda se define con forma asimétrica, con las impostas y las testas oblicuas entre sí, y medidas son 32 pies y medio en la testa mayor, 30 pies en la imposta menor, 18 pies en la testa menor y 40 pies en la imposta mayor.

Consideraremos la sección transversal como la proyección de la bóveda sobre un plano vertical perpendicular al plano que pasa por las claves de ambas testas. En esta sección transversal observamos que, en este caso, solo la testa interior se materializa como un arco de medio punto, mientras que el resto de cruceros, así como la testa mayor, abandonan la forma semicircular, ejecutándose con perfil rebajado. Esta solución geométrica se debe a que el abocinamiento en este caso es mucho mayor en planta que en sección, de manera que aquí los arcos no se abren de manera proporcional en anchura y altura. Al aumentar el ancho de la bóveda considerablemente más que la altura, los arcos se abren presentando un eje horizontal mayor que el vertical. Observamos como el centro del arco de la testa interior coincide con el centro de los arcos rebajados que configuran los cruceros y la testa mayor, si bien se encuentra a la misma cota que los casos anteriores, un metro por encima de las cornisas (fig. 78). Consideraremos la sección longitudinal como la proyección de la bóveda por el plano vertical que pasa por los puntos medios de ambas testas de la bóveda. En este caso observamos los cruceros transversales proyectados como arcos de elipse, siendo más pronunciado el de la testa exterior y disminuyendo sus proporciones conforme se acercan a la testa menor. Esta última, como sabemos, es una curva alabeada fruto de su encuentro con el paramento curvo de la rotonda. En cuanto a los cruceros longitudinales, presentan una disposición radial. La superficie generada, por tanto, es una superficie no desarrollable que podemos definir como pseudocónica.

f77. Bóveda de los pasajes centrales. Planta y secciones

f78. Bóveda de los pasajes extremos. Planta y secciones.

Llegados a este punto, podemos preguntarnos si los cruceros transversales, así como la testa mayor, son ovales o elípticos. No es fácil contestar a esta cuestión, puesto que el levantamiento indica que los puntos clave, los extremos de los cruceros, se aproximan notablemente a los puntos de una semielipse correspondiente a la luz y flecha dadas. Si bien es cierto que existen óvalos que se acercan muy estrechamente a la elipse de semiejes equivalentes. Por otra parte, aunque los manuscritos españoles de cantería de mediados y finales del siglo XVI no mencionan el término ni el concepto de elipse, sí es cierto que presentan diversas construcciones que determinan las intersecciones de generatrices de cilindros o, más raramente, conos, con planos verticales (Vandelvira c. 1585; Martínez de Aranda c. 1600). Estas construcciones suministran puntos de una elipse, si bien los autores recomiendan unir los puntos a sentimiento o tomándolos de tres en tres con el compás. En cuanto a los óvalos, ninguno de los presentados en estos manuscritos (Ruiz c. 1550; Vandelvira c. 1585) se ajusta a las proporciones de los cruceros transversales, que varía de 5:4 aproximadamente en la testa mayor, hasta 1:1 en el arco de la testa menor. Si bien López Mozo (2011) plantea la posibilidad de que los maestros del Escorial conocieran una traza adaptable a distintas proporciones.

Como sabemos, en estos pasos extremos la anchura y la altura no aumentan proporcionalmente desde la testa interior a la exterior, pasando de una traza en arco de medio punto en la testa menor a una serie de elipses u óvalos que van incrementando progresivamente su excentricidad conforme progresan hacia la testa mayor. Todo esto hace que la construcción de estas curvas por puntos sea la hipótesis más plausible, puesto que las trazas “por cruceros” incluidas en el manuscrito de Alonso de Guardia (c. 1600) y sobre todo, el de Alonso de Vandelvira (c. 1580) trazan las plantillas de la red de nervios mediante laboriosas construcciones por puntos. Por tanto, nos referiremos a estas curvas de ahora en adelante con el término “semi-elipse” si bien debe tenerse en cuenta que esta denominación se basa en una hipótesis que es hoy por hoy de imposible comprobación, puesto que es improbable que Siloé y sus colaboradores conocieran el término.

Otra consecuencia de estos condicionantes geométricos es el alabeo de la superficie de intradós de los pasos extremos, o más precisamente de la que pasa por las caras de los cruceros, en contraste con la de las bóvedas centrales, que se puede asimilar a un cono de revolución, siempre a salvo de las naturales tolerancias. En efecto, el levantamiento permite comprobar que los cruceros longitudinales en dirección radial

son rectas no convergentes, cosa que era de esperar, pues han de pasar por una curva alabeada próxima a una semicircunferencia en la testa interior y una elipse fruto de varios condicionantes en la exterior. En resumen, nos encontramos con una pieza de geometría excepcionalmente compleja, pues se estructura a partir de unos cruceros en dirección radial que pasan por un semicírculo y una semielipse y que no resultan convergentes, mientras que los cruceros transversales son semielipses de proporciones distintas dispuestas en planos no paralelos (fig. 79).

Conclusiones

La rotonda del presbiterio se abre a la girola por medio de una arcada semicircular compuesta de siete huecos abocinados. Como hemos comprobado en los análisis realizados, los cinco centrales, simétricos, giran radialmente de manera que cada arco y cada tramo de deambulatorio comparten un eje que pasa por el centro de la rotonda. 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 continuidad con las naves longitudinales de la catedral. En este caso Siloé resuelve el problema alineando la testa interior con el centro de la girola, mientras que la testa exterior sigue la geometría de la nave. Así, solventa no sólo un problema geométrico, sino la tan polémica yuxtaposición de los espacios aparentemente incompatibles de la rotonda centralizada y la nave longitudinal. Siloé lo aborda esta solución mediante un procedimiento del Renacimiento temprano, como es el de los cruceros descritos por Vandelvira.

Encontramos piezas relativamente conocidas en los pasajes centrales de la girola. El “Arco abocinado en torre redonda o cavada” es una solución que podemos considerar sencilla y fácil de abordar, puesto que es una superficie desarrollable, y simétrica, donde el trazado del despiezo de intradós no requiere operaciones complejas. Como vimos anteriormente, diversos autores, como Martínez de Aranda o Juan de Portor y Castro plantean esta solución sin problemas. Además, como hemos comprobado en los análisis realizados, los pasajes centrales resuelven de forma independiente el arco en torre cavada de la testa interior, por lo que el problema general queda reducido a resolver por separado el arco abocinado, solución frecuente tanto en los tratados de cantería renacentistas como en la práctica constructiva.

f79. Bóveda de los pasajes extremos. Evolución de los cruceros transversales según su posición.

Un hecho relevante es que ni siquiera Vandelvira lo incluye en su manuscrito, probablemente por la sencillez aparente de la pieza. Sin embargo no podemos considerar esta solución plenamente renacentista, puesto que ya era frecuente en el románico al abrir huecos en el interior de los ábsides. En el Renacimiento aparece en ocasiones en las grandes rotondas, como en el caso que nos ocupa, salvando las notables diferencias entre estas grandes aperturas frente a los pequeños huecos de los ábsides románicos. Por tanto, podemos considerarlo una reinterpretación de soluciones medievales adaptadas a las formas de construir renacentista, puesto que su ejecución mediante cruceros resueltos con cantería es una clara muestra del control geométrico y estereotómico de sus ejecutores.

En cuanto a los pasajes en los extremos, presentan piezas notablemente complejas debido a la combinación de soluciones adoptadas en una misma construcción. Como hemos comprobado gráficamente, estas bóvedas se abren en un paramento curvo por un lado y en un paramento vertical por el otro, que además es oblicuo al primero, por lo que las testas de la bóveda no son paralelas, produciéndose lo que se conoce como “Arco esviado por cara y por testa”, donde ni las testas ni las jambas o impostas guardan relación de paralelismo o perpendicularidad. Además, siguiendo la disposición radial de la cabecera, las bóvedas presentan abocinamiento tanto en planta, como en sección, siendo en planta más pronunciado. Por tanto, nos encontramos ante una combinación de soluciones que se han propuesto por separado en la mayoría de manuscritos y tratados de cantería existentes desde el siglo XVI en adelante.

En cualquier caso, no conocemos obras escritas que prefiguren la compleja solución adoptada, pues los primeros manuscritos españoles que se ocupan de estas cuestiones, como el de Hernán Ruiz, el de Rodrigo Gil de Hontañón y el manuscrito 12686 de la Biblioteca Nacional son coetáneos de estos pasajes. Entre los textos posteriores, ninguno recoge literalmente la solución adoptada, pero es posible encontrar ecos parciales en los manuscritos de Alonso de Vandelvira y Ginés Martínez de Aranda, entre otros. Como hemos visto, en la práctica la acumulación de dificultades de estas piezas (abocinamiento, testa cóncava, construcción por cruceros y, en los pasos extremos, esviaje) se aborda dividiendo cada pieza en dos secciones. La interior resuelve la testa cóncava mediante piezas enterizas, mientras que la exterior se materializa mediante cruceros; ahora bien, tanto la sección interior como la exterior deben afrontar el abocinamiento y, en las piezas terminales, el esviaje.

Pues bien, en los textos de la cantería no encontramos en ningún caso el sistema completo, con el ensamblaje del arco por piezas enterizas y la bóveda por cruceros, pero sí uno de sus elementos constitutivos, el arco abierto en un paramento cóncavo. En concreto, Alonso de Vandelvira presenta un “Arco en torre cavada”, otro arco con una testa cóncava y otra convexa y un “Arco en torre cavado y redondo en viaje”. Ahora bien, el esviaje de esta última pieza es bien diferente al de los pasos granadinos, pues en Vandelvira las jambas son paralelas, si bien la pieza no es simétrica porque el eje común de los cilindros de los paramentos se cruza con el eje equidistante de las jambas y, visto en planta, el centro de las curvas de las testas no está sobre el eje de las jambas. Más próximas a las piezas granadinas son las soluciones de Aranda, que plantea nada menos que nueve arcos en paramentos curvos, simétricos y esviados; a continuación, ofrece tres arcos abocinados, uno simétrico y dos esviados, y más adelante, cinco que combinan el abocinamiento con las testas cilíndricas. Entre estos últimos tenemos un “Arco abocinado en torre cavada” y un “Arco en torre cavada abocinado en viaje por cara y por testa”, que coinciden casi literalmente con las soluciones granadinas, si bien en Aranda la testa cóncava es la de mayor luz, al contrario de lo que ocurre en Granada. Las soluciones de Aranda son complejas e inexactas, pues intenta resolver por medio de plantillas una superficie no desarrollable, dado que las juntas de intradós se cruzan en el espacio, y por tanto no son ni paralelas ni convergentes. La presencia de este amplísimo catálogo de arcos esviados, abocinados y abiertos en muros curvos en el texto de Aranda puede tener relación con un detalle dado a conocer recientemente por Alicia Cámara (2015): la ciudad de Cádiz ofreció la plaza de maestro mayor a Martínez de Aranda, probablemente en cierta competencia con Alonso de Vandelvira; finalmente, ante la marcha de Aranda a Santiago de Compostela, nombraría maestro a Vandelvira. En este contexto, no es descabellado concebir el texto de Aranda como lo que ahora llamaríamos una memoria de oposición, una muestra de su saber estereotómico, lo que justificaría la inclusión de todo un catálogo de tipos constructivos que combinados, permitirían la construcción de los pasos granadinos. Por el contrario, no encontramos en ninguno de los textos españoles o franceses bóvedas por cruceros abocinadas, pero esta ausencia puede deberse a circunstancias fortuitas. En primer lugar, en la única copia conocida del manuscrito de Aranda faltan las dos últimas partes del texto, dedicadas a pechinas, bóvedas, capillas y ochavos. No es fácil decir si el autor hubiera incluido en estas partes perdidas algunas bóvedas por cruceros, como hizo Alonso de Vandelvira, pues

la copia tardía de este manuscrito por Felipe Lázaro de Goiti las omitió, quizá porque habían caído en desuso en el siglo XVII. En cualquier caso, no encontramos tampoco bóvedas cónicas por cruceros en el manuscrito de Vandelvira, que no incluye arcos abocinados, aunque sí trompas y troneras, dos familias de piezas con intradós cónico. Es fácil comprender que ni unas ni otras propician la construcción por cruceros, en parte por su reducido tamaño, y también porque el encuentro de los nervios en el vértice de la trompa sería de una dificultad extrema; resolverlo mediante un trompillón, una solución que Vandelvira no expone, resultaría antinatural, como también lo sería una tronera nervada, pues los plementos soportarían los nervios en la parte inferior. Pero en cualquier caso, la sorprendente acumulación de arcos esviados y en paramentos curvos y piezas de intradós cónico en Martínez de Aranda y, en menor medida, en Alonso de Vandelvira, puede deberse a la influencia de los pasos granadinos.

Por último, merece una mención especial la aparición de perfiles elípticos en los arcos que definen los cruceros transversales de los pasajes en los extremos de la girola. Como sabemos, a lo largo del siglo XVI se emplean óvalos y elipses, aunque en el ámbito de la construcción arquitectónica no se usaba el término elipse y no se relacionaba su generación con uno de los tipos de sección plana de un cono. Sin embargo, en los tratados teóricos se abordaba ampliamente su trazado desde la primera mitad del siglo, puesto que autores como Durero (c. 1525) y Serlio (c. 1545) resuelven la construcción de arcos rebajados mediante sencillas transformaciones afines de la circunferencia, partiendo de un ancho y altura predeterminados. La línea generada es siempre una elipse, que no es identificada como tal por los autores renacentistas que ofrecen construcciones similares. Igualmente Vandelvira (c. 1580) repite este procedimiento basado en la construcción de Serlio, y añade un sistema propio original para inscribir una elipse en un paralelogramo no rectangular. Por tanto, la obtención de elipses mediante transformaciones afines de la circunferencia era un método sobradamente conocido cuando se construyen los pasajes de la girola. Además, es un método que se ajusta perfectamente a las necesidades de la construcción puesto que el abocinamiento en altura y anchura irá dando las dimensiones de los ejes de la elipse en cada tramo de la bóveda.

3.2.3. Las bóvedas de la girola

Las bóvedas de la girola son algunas de las piezas que más debate y controversia han suscitado entre los historiadores y autores que sobre el tema se han pronunciado, siguiendo la misma línea de las discusiones existentes acerca del carácter gótico o renacentista del edificio. Las cinco bóvedas centrales se resuelven por cruceros, al igual que las bóvedas de cañón de las capillas y los pasos abocinados entre el altar mayor y el deambulatorio (fig. 80). Además de los nervios que materializan los casetones, existen otros dispuestos con forma romboidal, cuatro nervios curvos y unas ménsulas aisladas. Sin embargo no existen nervios diagonales u ojivos. Por el contrario, las dos bóvedas extremas que cubren los tramos de la girola alineados con las naves y que se encuentran frente a los arcos abocinados en esviaje, son bóvedas de terceletes de tradición gótica, con unas extrañas patas de gallo alrededor de las claves secundarias.

Conocemos, en parte gracias al grabado de Heylan (1613-1614), que a la muerte de Siloé en 1563, las obras de la catedral se encontraban bastante avanzadas, con la cabecera prácticamente terminada. Desde entonces han sufrido modificaciones menores, por lo que podemos entender que la disposición actual responde en lo sustancial a las intenciones de Siloé, con la excepción de las dos bóvedas extremas, llamativamente distintas del resto de bóvedas de la girola pero de trazado muy similar a las de las naves. En este punto Rosenthal remarca el contraste de estas piezas con las cinco bóvedas centrales de la girola y advierte que las bóvedas de las naves no fueron concebidas ni construidas por Siloé, pues en una reunión de maestros celebrada en 1614 se afirma que “Hasta el cornisamento y arcos torales va conforme a la traza de Siloé. Desde allí siguió el género de la bóveda moderna y no romana como debía de ser”, lo cual le lleva a adscribirlas a Asensio de Maeda o Ambrosio de Vico, teniendo en cuenta que en 1582 el cabildo discute la necesidad de cubrir el crucero y la nave central (Rosenthal 1990, p. 53).

Antecedentes constructivos

Como comentamos anteriormente, casi desde el mismo momento de su construcción, el carácter gótico o renacentista de estas bóvedas ha estado sujeto a debate. En una conocida oposición a la maestría mayor de la catedral, celebrada en 1577, Lázaro de Velasco realiza una propuesta para cerrar las bóvedas de la nave.

Echando dos líneas de rincón [a rincón] en el movimiento de cada una donde se cruzaren será el punto y con aquel se cerrarán en vuelta de horno con sus compartimentos al romano la crucería de piedra y los cascos de ladrillo por el orden en que están cerradas y hechas las capillas del trascoro y la capilla mayor.⁴¹

Rosenthal, E. E. [1961] 1990. *La Catedral de Granada*

Para la correcta lectura de la intención de Velasco es necesario tener en cuenta que en el siglo XVI era usual referirse a las bóvedas como “capillas”. Además, el coro de la catedral aún no había sido dispuesto en el centro de la nave, por lo que “trascoro” debe entenderse en este momento como “girola”. Por tanto, Lázaro de Velasco, hijo de Jacobo Florentino y erudito traductor de Vitruvio que disponía de varias ediciones de su tratado (Gómez-Moreno Calera 1989a, p. 78), destaca el carácter clásico o “romano” de las bóvedas de la girola y las propone como modelo para las partes de la catedral aún por ejecutar, si bien describe sus nervaduras con un término de origen gótico como es “crujería” y propone la curiosa adición de dos arcos diagonales.

En cualquier caso, las opiniones al respecto son diversas según distintos autores. Por un lado Gómez-Moreno y González (1892, p. 266) las describe como “de crujería ojival”. Según su hijo son un tipo de bóveda ojival encubierta con formas renacentistas (Gómez-Moreno y Martínez 1941, p. 72).

Aparte ha de juzgarse el mantenimiento de bóvedas ojivales, ya disimuladamente, en el cimborio de S. Jerónimo y girola de esta catedral, ya a las claras en los últimos tramos de la misma y en sus capillas y sacristías.

Gómez-Moreno Martínez, M. 1941. *Las Águilas del Renacimiento Español*

Por el contrario, Rosenthal defiende la consideración renacentista de las cinco bóvedas centrales de la girola, aunque con importantes matices. Por una parte, señala que Siloé

⁴¹ Cita original en Rosenthal, E. E., 1961. *The Cathedral of Granada*.

evitó emplear las formas trapezoidales típicas de las girolas góticas alternando tramos aproximadamente cuadrados y triangulares, semejantes a los empleados en Toledo, pero transformó el rectángulo toledano en un cuadrado, una de las formas más perfectas a los ojos del Renacimiento después del círculo (Rosenthal 1990, p. 92).

Entrando en el análisis de las bóvedas en sí, Rosenthal señala que algunos arquitectos del Renacimiento, en particular Leonardo da Vinci, explotaron las posibilidades de la construcción islámica y gótica, y que en particular Siloé era un heredero directo de ambas tradiciones. Estas consideraciones le llevan a plantear como posible antecedente las bóvedas hispanoárabes de arcos cruzados y “open center”, citando expresamente la capilla de Villaviciosa o la situada a la derecha del mihrab, ambas en la mezquita de Córdoba, o el oratorio del Cristo de la Luz de Toledo. En cualquier caso, Rosenthal pone énfasis en la ausencia de nervios diagonales a la manera gótica. Por otro lado, aunque los modelos islámicos le parecen más convincentes, sigue a Gómez-Moreno cuando opina que la superficie tras los nervios es continua, acercándose a un “domical handkerchief” o baída, al contrario que los huecos profundos de Córdoba y el Cristo de la Luz. Como conclusión de su análisis, entiende que las bóvedas de la girola en su conjunto no se asemejan a otras de estilos anteriores, puesto que aunque sus nervios paralelos recuerdan construcciones islámicas, su superficie cupulada sigue un ideal romano y la disposición de sus molduras decorativas traen a la mente los “ornamental liernes” que conectan los nervios de las bóvedas góticas tardías. Además añade que la asociación de varios aspectos de estas bóvedas con diversos estilos históricos no nos impide admitir que la solución queda claramente dentro del concepto quinientista de la arquitectura romana. Por último señala sus ventajas sobre las empleadas en las catedrales de Málaga y Jaén a la hora de articularse con los entablamentos sobre los pilares (Rosenthal 1990, p. 110). En este punto es importante destacar que Rosenthal cita concretamente la capilla del Lucernario, nombre tradicional de la Capilla de Villaviciosa. Además debemos tener en cuenta que en inglés “lierne” es un término general que se refiere a cualquier nervio que no sea tercelete u ojivo, por lo que incluye no sólo las ligaduras, sino también los combados, patas de gallo, etcétera (fig. 81).

Por otro lado, siguiendo el debate sobre el origen de estas bóvedas, Rosenthal se pregunta qué tipo de bóveda hubiera empleado Siloé en la nave y el transepto. Tras descartar otras alternativas como las bóvedas cupuladas o “domical” recomendadas por los maestros de 1614 o las igualmente cupuladas pero ojivales de las naves

laterales, se decanta por las bóvedas centrales de la girola como modelo más probable de las que hubiera empleado Siloé para cubrir el cuerpo de la iglesia, puesto que el modelo de la girola se puede adaptar fácilmente a los tramos rectangulares de la nave (Rosenthal 1990, p. 109).

En resumen, en su libro de 1961, Rosenthal destacó el carácter esencialmente renacentista de las bóvedas de la girola, al menos en comparación con la solución adoptada posteriormente, y las propone como modelo de las bóvedas de la nave. La misma idea se repite de forma más matizada en un trabajo publicado en 1966 (Rosenthal. 1966, p.13).

Las bóvedas diseñadas por Siloé [para las naves] posiblemente se parecían a las bóvedas baídas empleadas más tarde en las catedrales de Málaga o Jaén o acaso fueran variante de las usadas por Siloé en la girola de la misma catedral de Granada.

Earl E. Rosenthal, 1966. *Diego Siloé Arquitecto de la Catedral de Granada*.

Por último en una conferencia dictada en 1986, y publicada de forma póstuma en 2011, Rosenthal se inclina finalmente por las catedrales de Jaén y Málaga como imagen más probable de las bóvedas que Siloé no pudo construir en la nave (Rosenthal 2011, p.26). Posteriormente, Javier Gómez Martínez (1998, p. 110) ha puesto en duda la tesis de Rosenthal al adjudicar las bóvedas con ojivos y terceletes de la nave (fig. 82) a Diego de Siloé basándose en la hipótesis de que el mismo Siloé podría haber trazado las bóvedas góticas de San Jerónimo en Granada. En cuanto a las bóvedas de la girola, señala que en los tramos triangulares era inevitable el diseño gótico, pero que los tramos cuadrangulares permitían una “conversión al romano” en la que los arcos centrales se diluyen bajo recursos conocidos como ménsulas de acanto y cuatro nervios en C, como los que aparecen en una bóveda del ángulo noreste del claustro de la catedral de Segovia, ejecutada por Juan Guas, en otra del claustro de la catedral de Palencia o en la parroquial de San Sebastián de Soreasu de Azpeitia (Gómez Martínez 1998, p. 92, 116, 119). Como consecuencia de todo lo anterior, las cinco bóvedas centrales de la girola ocupan un lugar crucial en las discusiones acerca del carácter gótico o renacentista de la catedral.

f80. Bóvedas de la girola. Catedral de Granada.

f81. Bóveda de la capilla de Villaviciosa en la Mezquita de Córdoba

f82. Bóveda de la nave principal en la catedral de Granada.

Mientras que las bóvedas de los pasos pueden entenderse como renacentistas – a pesar de estar construidas mediante una red de nervios sobre la que se dispone una plementería – las bóvedas de los últimos tramos de la girola, la nave central y el crucero, se califican unánimemente como góticas. Por el contrario, la adscripción estilística de las bóvedas centrales de la girola resulta mucho más discutida: mientras Rosenthal las opone – aunque sea con ciertas reservas – a las bóvedas góticas de la nave, Gómez-Moreno las considera como bóvedas ojivales disimuladas. Por otra parte, Rosenthal consideró durante largos años que las bóvedas de la girola nos permiten hacernos una idea de cómo hubiera tratado Siloé la nave; si aceptamos su criterio, las conclusiones acerca de su carácter gótico o renacentista serían extensivas a gran parte del proyecto de Siloé.

Levantamiento y análisis

Las cuestiones anteriormente planteadas hacen necesario un levantamiento de las bóvedas empleando los instrumentos de máxima precisión disponibles dentro de la práctica profesional actual. El análisis geométrico se ha basado en los levantamientos realizados por Rosa Senent-Domínguez en 2014. Para llevarlos a cabo se utilizó una estación total Leica Flex Line TS2 dotada de distanciómetro láser, con una precisión nominal para mediciones sin prisma a 30m de $2\text{mm} \pm 2 \text{ ppm}$. Esta precisión es ligeramente superior a la obtenida por los escáneres láser 3D actuales, pero además la técnica empleada proporciona otra ventaja, pues la estación total permite situar puntos conocidos o representativos del objeto representado, frente al bombardeo masivo e indiscriminado del escáner, que no localiza por sí mismo las aristas de la pieza. Aprovechando estas ventajas, se han tomado series de puntos coincidentes con las aristas de las nervaduras, con objeto de localizar con la mayor precisión posible su localización espacial, y también otras series de puntos, espaciadas aproximadamente a distancias de 25 cm en proyección horizontal con objeto de determinar la geometría de los plementos. Todo esto ha permitido la preparación de un modelo tridimensional de una de las bóvedas de la girola, concretamente la segunda bóveda (primera, considerando únicamente las cinco centrales) del lado de la epístola, lo cual ha permitido a su vez la obtención de una planta y secciones transversal y longitudinal de la bóveda. En cualquier caso, y aún teniendo como base los datos tomados por la Dra. Senent-Domínguez, igualmente se ha realizado un levantamiento mediante fotogrametría de imágenes cruzadas para obtener puntos concretos de la geometría

de la bóveda, así como una representación gráfica rigurosa, no ideal, de la geometría de la bóveda. Este levantamiento fotogramétrico se ajusta en gran medida al realizado en 2014 con estación total, por lo que podemos considerarlos complementarios. Para el proceso fotogramétrico se han utilizado 16 fotografías convergentes, que tras el procesado con Photomodeler Scanner, han generado una nube de 206 puntos con un error interno de 0.09 metros. En este punto es importante destacar que las bóvedas no muestran claramente las juntas entre dovelas debido al enlucido que las recubre, por lo que se ha procedido a un análisis geométrico sin entrar en detalles sobre el despieceo de intradós de la pieza.

El levantamiento ha permitido confirmar algunos detalles significativos de las bóvedas. El más llamativo es que las bóvedas principales de la girola tienen planta de trapecio isósceles, en contra de la afirmación de Rosenthal que las asimila a un cuadrado. La convergencia de los ejes de los perpiaños que flanquean una de estas bóvedas trapeciales es de 10,7 grados. A primera vista, esta decisión parece incomprensible, es decir, una vez se ha decidido resolver la girola mediante una combinación de polígonos y triángulos, lo cual nos hace preguntarnos por qué no se emplean cuadrados o rectángulos para los elementos principales, como ocurre en la catedrales de Toledo o la girola exterior de Le Mans (fig. 83). Analizando el problema con más detenimiento, se aprecia que en caso de haber trazado arcos perpiaños paralelos, se hubieran encontrado entre ellos al llegar al contrafuerte que separa la girola del presbiterio, como en una jarja gótica. Este encuentro de arcos hubiera planteado dos problemas: por una parte la resolución estereotómica de este detalle hubiera sido difícil, aunque no imposible, y el resultado visual hubiera sido muy extraño. Además, semejante arco combinado hubiera requerido una semicolumna única para recibirlo, mientras que la solución actual con perpiaños independientes permite a Siloé emplear el sintagma clásico de la doble columna con muro intermedio.

Todo esto nos lleva a plantear como hipótesis que en un primer momento, quizá durante la maestría de Enrique Egas, se pensó en resolver este encuentro de perpiaños al modo gótico, con jarjas convergentes, y posteriormente Siloé modificó el trazado de la bóveda para evitar el encuentro de los perpiaños y propiciar el empleo de dobles columnas. Esta posible modificación habría afectado también al trazado de las nervaduras internas de la bóveda, en particular las inmediatas y casi paralelas a los perpiaños, que en la actualidad presentan ángulos de 1,8 grados con los perpiaños y una divergencia de 7,0 grados entre ellas, todo ello medido en proyección horizontal.

Por el contrario, las nervaduras paralelas a los formeros presentan divergencias muy pequeñas con éstos, que obviamente se pueden atribuir a tolerancias de ejecución.

Las bóvedas de la girola han sido descritas como baídas por Gómez Moreno (1941, p.69). Ahora bien, el levantamiento también permite precisar un rasgo que se intuye en algunas fotografías oblicuas: se trata de una bóveda baída de rampante llano en la dirección paralela a los formeros y de rampante ligeramente cóncavo según la dirección radial, no respondiendo, por lo tanto, al tipo más conocido de bóveda baída de intradós esférico (Senent-Domínguez 2013, 2014).

La planta trapezoidal y el empleo de rampantes prácticamente llanos exigen algunos ajustes para conseguir que las claves de los formeros y perpiaños queden a la misma altura. En concreto, el levantamiento ha permitido determinar que los cuatro arcos del perímetro son arcos de circunferencia en los que se ajusta la posición del centro, de manera que el formero exterior, de mayor radio que los perpiaños y el formero interior, tiene su centro por debajo de los centros de los restantes arcos o, dicho de otro modo, se resuelve con un arco escarzano. Lo mismo sucede con el formero interior, si bien el ajuste no es tan marcado. También vienen dadas por arcos de circunferencia las directrices de los cuatro nervios que discurren aproximadamente paralelos al perímetro de la bóveda. En el caso de los paralelos a formeros, se produce un ligero desajuste en los tramos de los extremos, desde el cruce hasta el perpiaño, motivado por el ajuste a la planta trapezoidal. Debe tenerse en cuenta que si la planta fuera cuadrada, la superficie podría construirse con dos familias de nervios trazados como arcos de circunferencia; la planta trapezoidal exige que una de las dos familias de nervios sea la que gobierne el trazado, siendo necesario un ajuste en la otra.

La ligadura y los nervios curvos dispuestos según la dirección paralela a los formeros se encuentran en toda su anchura al mismo nivel del rampante horizontal, definiendo una superficie horizontal en el centro de la bóveda. Sin embargo, la ligadura y los nervios curvos dispuestos en la dirección radial siguen la ligera concavidad del rampante, también en toda su anchura, dando lugar a una zona cilíndrica en el centro de la bóveda. Como consecuencia, los cuatro nervios en forma de rombo que unen los nervios curvos, descienden ligeramente. En los cuatro tramos de rampante que unen los nervios paralelos al perímetro con formeros y perpiaños se produce un pequeño cambio de dirección, lo que hace pensar con bastante lógica que esos cuatro nervios son en realidad molduras sobre la superficie. Por el contrario, en las fotografías del trasdós se ve como los nervios que aparecen al interior de la bóveda, incluidos los

nervios curvos, son nervios "a la gótica", es decir, son nervios de piedra, no molduras. Por todo lo anterior, estamos ante una de estas piezas constructivas en las que las superficies aparentes se definen a partir de curvas, como señalan López Mozo, Rabasa y Sobrino (2011). Por así decirlo, los nervios no se dibujan sobre la superficie de la bóveda, sino que son los nervios los que dibujan la superficie de la bóveda (fig. 84).

Conclusiones

Llegados a este punto, podemos analizar detenidamente en qué medida los rasgos del diseño y construcción de estas bóvedas tienen un origen gótico y cuales responden a modelos clásicos. En primer lugar, nos encontramos ante una construcción "por cruceros" que emplea el concepto gótico de una red de nervios sobre la que apoya una plementería, para obtener una imagen arquitectónica procedente en todo o en parte de modelos clásicos. Esta forma de construir bóvedas, como ya hemos comentado, recorre la mayor parte del quinientos español, desde el crucero y presbiterio de San Jerónimo de Granada, del propio Siloé, hasta los manuscritos de Alonso de Vandelvira (c. 1580) y Alonso de Guardia (c. 1600). Como sabemos, el repertorio constructivo del Renacimiento español presenta un gran número de ejemplos, no solo en Andalucía, sino dispersos por la mayor parte de la península e incluso México. Aunque los datos disponibles nos indican que este sistema constructivo pudo surgir en Francia, las primeras bóvedas por cruceros en España las encontramos en Morón de la Frontera, anteriores a las del Ayuntamiento de Sevilla o las de San Jerónimo de Granada, sin duda posteriores a 1528 (Gómez Martínez 1998).

Por otra parte, las bóvedas de la girola contrastan con el empleo "ortodoxo" de estas piezas por Diego de Riaño en el Ayuntamiento de Sevilla, de alrededor de 1526-1534 o en la Ascensión de Aroche, de la misma época, y también con las del propio Siloé en la capilla extrema del lado del Evangelio de la girola de la propia catedral y los nichos laterales de la nave de la Capilla de El Salvador de Úbeda, donde los nervios se disponen exclusivamente en dos series ortogonales en planta.

Por el contrario, en las bóvedas de la girola, además de las dos familias de nervios aproximadamente perpendiculares en planta encontramos otros elementos difícilmente explicables desde la tradición clásica. Se emplean cuatro nervios oblicuos, formando aproximadamente un rombo, y otros pequeños nervios curvos tangentes a los vértices del rombo.

f83. Bóvedas de la girola en la cabecera de la catedral de Granada.

f84. Detalle de bóveda. Planta y secciones

Estos rasgos se pueden poner en relación con las de las capillas hornacinas del lado del Evangelio del monasterio de El Parral, construidas entre 1472 y 1485, y las que ocupan la misma posición en la iglesia conventual de Santo Tomás de Ávila, de 1483-1493, unas y otras de Juan Guas (Gómez Martínez 1998, p. 158). Respecto a los nervios curvos en C, ya hemos visto que los emplea también Guas en el claustro de la catedral de Segovia.

Para Rosenthal, uno de los argumentos más concluyentes para negar el carácter gótico de las bóvedas de la girola es la ausencia de nervios diagonales para dejar libre un *open center*. Ahora bien, existen bóvedas góticas sin ojivos. Dejando aparte ejemplos alemanes o bohemios bien conocidos, resulta muy significativa la pequeña bóveda de la sacristía de la capilla de la Virgen de la Antigua en la catedral de Sevilla, construida probablemente por Simón de Colonia, lo que la vincula al mundo centroeuropeo. La bóveda se arma a partir de ocho pseudoterceletes, que no arrancan de los vértices de la planta, pero se encuentran en cuatro claves secundarias a partir de los cuales arrancan dos ligaduras que se cruzan en el polo. Todo esto recuerda claramente a los dos nervios centrales de las bóvedas de la girola de Granada, más delgados que las cuatro “vigas” o nervios principales, como señaló Rosenthal con precisión. También resulta significativo comprobar que precisamente los dos ejemplos de bóvedas con ligaduras en rombo que hemos citado, debidos a Juan Guas, se construyen sin ojivos, aunque emplean terceletes (Gómez Martínez, 1998, p. 158).

Otro rasgo de origen gótico es el empleo de una sucesión de cuadriláteros y triángulos. Como señala Rosenthal, la solución ya se encuentra en Toledo, lo que nos hace pensar en su posible presencia en la traza de Enrique Egas. Dejando aparte esta posibilidad, hoy por hoy de imposible comprobación, se pueden señalar otros ejemplos, como la catedral de Le Mans, antecedente de Toledo, la capilla palatina de Aquisgrán, la rotunda de Brescia o la girola de Saint-Remi de Reims. Muy significativo resulta también el empleo de esta disposición, con un número de tramos menor, en la catedral de Pienza, tradicionalmente citada en los estudios sobre la granadina por la semejanza de sus pilares con el modelo Siloésco (Camón 1945, t. I, p. 106; Rosenthal [1961] 1990, p. 104-106). Ahora bien, el levantamiento de la bóveda ha confirmado que se evita emplear literalmente la solución de Toledo, que busca evitar la planta trapezoidal de las bóvedas principales, mientras que en Granada no se hace ningún esfuerzo para huir de esa forma, probablemente la preocupación principal de Siloé es evita la interpenetración de dos perpiaños al modo de las jarjas góticas. Nos encontramos por

tanto con una paradoja llamativa: el deseo de evitar la imagen o las complicaciones constructivas de los enjarjes góticos aleja la solución tanto del modelo de Le Mans y Toledo como del cuadrado ideal citado por Rosenthal.

Ahora bien, quizá el rasgo más vinculado con la tradición gótica viene dado por el trazado horizontal o muy tendido de las ligaduras que concurren en el polo de pieza, como se puede apreciar en las secciones longitudinal y transversal. Esta peculiar disposición, conocida en el siglo XVI castellano como “rampante llano” no es un rasgo exclusivamente hispano; como ha mostrado José Carlos Palacios (2009, p. 57-67), procede en realidad de Inglaterra y, más atrás, de la Isla de Francia. Lo que sí merece la pena remarcar es que esta disposición, derivada del tronco central del gótico, se emplea con cierta frecuencia en la construcción “por cruceros” del Renacimiento español: encontramos piezas de rampante llano en las bóvedas de casetones clásicos del Patio de los Óleos de la catedral sevillana, en el claustro del monasterio de San Jerónimo de Buenavista en Sevilla y en la bóveda central de la iglesia parroquial de Cazalla de la Sierra (Palacios 2003, pp. 305; Vandelvira c. 1580, f. 97v-98r; Bravo 2011, 162-163; Natividad 2007, II, p. 38). En la mayoría de estos ejemplos la planta es aproximadamente cuadrada y por lo tanto no requieren los ajustes que exige la planta trapezoidal de los tramos de la girola de Granada. Además, las bóvedas de la girola granadina extreman este carácter con la construcción de una superficie horizontal en la zona central de la bóveda, fenómeno que encontramos en algunas bóvedas españolas emparentadas con ejemplos centroeuropeos (Senent-Domínguez, 2014).

Aunque parezca sorprendente, la disposición alternativa, la bóveda de “rampante redondo”, de origen angevino y frecuente en la construcción gótica del quinientos ibérico, tarda más en pasar a la solución renacentista “por cruceros”. Finalmente, las dos soluciones, rampante redondo y rampante llano, se contraponen en la parroquial de Cazalla de la Sierra (Palacios 2003, p. 304). Como conclusión, nos encontramos ante unas bóvedas renacentistas más que heterodoxas, compuestas por un conglomerado de elementos clásicos (los casetones, la exclusión de las jarjas, el empleo del sintagma columna-nicho-columna, las ménsulas aisladas, la ausencia de ojivos) y otros de origen medieval (el esquema de rectángulos y triángulos procedente de Aquisgrán-Le Mans-Toledo, las ligaduras sin terceletes ni ojivos, el rombo entre claves secundarias, y sobre todo el rampante llano). Como bien dijo Lázaro de Velasco: “bóvedas al romano de crucería de piedra y cascos de ladrillo”.

3.2.4. El arco toral del altar mayor

Al frente del crucero ábrese la magnífica capilla mayor, única en la historia de la arquitectura, cuya forma cilíndrica hace que el arco toral disminuya atrevidamente de espesor por la cara interna de su archivolta

Gómez-Moreno y González, M. 1892. *Guía de Granada*.

La autonomía espacial de la capilla mayor influye en gran medida en la configuración formal del arco toral que la comunica con las naves de la catedral. Como consecuencia aparece este arco de perfil singular, el arco toral de la rotonda central de la cabecera, al que los historiadores se refieren comúnmente como arco de triunfo. Dicha pieza se convierte por su situación y su configuración formal en uno de los elementos de la catedral más importantes en la conexión y la articulación entre las naves longitudinales y cabecera centralizada, armonizando así el carácter lineal de las primeras, con la disposición radial de la segunda. Según la documentación aportada por Gómez-Moreno (1892, p. 258) y Rosenthal ([1961] 1990, p. 258), el cierre del arco de triunfo de la rotonda está fechado en 1552 (fig. 85).

El arco se abre a la nave central y sube a través de los dos pisos de la rotonda hasta las bóvedas de la nave de manera que su intradós se vuelve notablemente más estrecho en su punto más alto, ajustándose así a la curvatura de la rotonda y su alineación con la nave central. Este forzado escorzo tiende por tanto hacia una imposible frontalidad, acompañado por la deformación cónica de la bóveda, mostrando así abiertamente su artesonado. Su forma, excesivamente flexible para algunos, es considerada a menudo como un rasgo no clásico. Las monumentales proporciones de este arco, que mide alrededor de 32 metros de alto por 12 metros de ancho, acentúan la estrechez del intradós en la clave del arco.

Como sabemos, el grabado de Francisco Heylan de 1612 es la mejor muestra gráfica que tenemos del estado en el que Siloé dejó la capilla mayor en 1563, a pesar de haberse realizado 50 años después. Sin embargo, en el grabado no se aprecia con claridad, entre otras cuestiones, el arco triunfal. En el siglo XVII Bermúdez de Pedraza (1637, f. 39) lo considera "maravilloso" además de imposible de igualar por ningún otro arquitecto antiguo o moderno, mientras que Karl Justi (1896, col. 211) se refiere a él

como "horrible e inorgánico" a finales del siglo XIX. Para muchos otros estudiosos, el arco simplemente no era clásico en absoluto, relacionándolo en cualquier caso con las tendencias del movimiento barroco.

La capilla mayor, guardando la forma circular, se recibe con un arco toral, que carga por cada parte sobre dos columnas de las mayores del edificio. Este arco toral es tan maravilloso, y con tanto ingenio fabricado, que no lo alcanzó arquitecto antiguo ni moderno, parece a la vista que se inclina, y el edificio viene abajo, siendo la más firme obra que en él hay, y esto causa la grandeza de lo acabado guardando el orden circular, y el gran peso que sustenta.

Bermúdez de Pedraza, F. 1637. *Historia Eclesiástica de Granada*.

Sin embargo, Rosenthal lo relaciona con un gran número de ejemplos clásicos que lo llevan a vincularlo claramente con la tradición romana. De hecho, el arco se ejecuta acorde con las direcciones curvilíneas y radiales de la rotonda, rompiendo con los tintes góticos de las bóvedas de crucería en la nave. Además, se construye con piezas enterizas de piedra frente al sistema lineal de nervios que presentan estas últimas.

Antecedentes constructivos

El arco triunfal de la capilla mayor es una maravilla estereométrica que requirió una habilidad imposible de encontrar en ninguna estructura renacentista anterior. Y, por lo que respecta al dinamismo de la doble curvatura del arco triunfal, se adapta eficazmente a la vitalidad curvilínea de la propia rotonda.

Gila Medina, L. 2005. *El libro de la Catedral de Granada*.

En el Renacimiento italiano hay pocos antecedentes de arcos con el intradós rebajado en su clave, entre los que destacan, por ejemplo, la apertura de la rotonda a la nave de la SS. Annunziata en Florencia, y la de la Capilla Caracciolo en san Giovanni a Carbonara, en Nápoles, de principios del siglo XVI. En cuanto a la antigüedad romana, también encontramos arcos que se estrechan de la misma manera y que se abren a salas redondas y ovaladas en Tívoli y Ostia, sin embargo son aberturas mucho más reducidas que el arco triunfal de Granada. Encontramos una escala similar al caso que nos ocupa en los arcos que conectan el frigidarium y el caldarium de los baños de Caracalla y Diocleciano en Roma, aunque estos no presentan la carga estructural que el arco de Granada puesto que no se abren a la base de una cúpula. Por el tamaño y

las circunstancias espaciales que lo rodean, quizá podamos relacionarlo más fácilmente con el arco que conecta el hemiciclo oriental con el ábside de santa Sofía, en Constantinopla, construido en el año 563 y muy copiado por los arquitectos renacentistas. En cualquier caso, el arco triunfal de la catedral está ejecutado en piedra, con técnicas de cantería, convirtiéndose en una pieza estereotómica sin precedentes en ninguna obra renacentista anterior.

Contemporáneo es el arco la Sacra Capilla del Salvador de Úbeda, también diseñado por Diego de Siloé y ejecutado por Andrés de Vandelvira⁴² entre 1536 y 1540 (Chueca 1971, Sierra 2002), que separa la rotonda de la nave principal. Algunos autores, como Agustín Bustamante y Fernando Marías (1982), señalan esta obra como antecedente directo de la cabecera granadina (fig. 86). No obstante, si bien es cierto que el arco ubetense se ejecutó antes que el de Granada (1552), debemos plantearnos si realmente fue diseñado también con anterioridad, puesto que, como sabemos, Siloé es llamado para trabajar en la catedral el mismo año que llega a Andalucía, por lo que parece razonable que llevara a cabo las trazas de la cabecera mucho antes que las de El Salvador de Úbeda. Otro ejemplo que puede ser derivado también de Granada es el arco en torre cavada que separaba el presbiterio y la nave de la catedral de Cádiz en el proyecto de Vicente Acero, aunque finalmente fue ejecutado con las dos testas rectas. Sin embargo, existe un arco en torre cavada en la puerta central del imafronte de la misma catedral (Bonet 1978, p. 131; Rodríguez Ruiz 1993, p. 36; Calvo 1999, p. 97).

En cuanto a la ejecución material del arco, dejando a un lado cuestiones estilísticas, éste se ejecuta como en los casos anteriormente analizados, es decir, mediante cruceros con casetones marcando claramente las líneas geométricas que definen la superficie de intradós. Como sabemos, el arco se abre, por un lado, a la rotonda cilíndrica central de la cabecera, y por el otro, a la pared frontal alineada con la nave longitudinal central.

⁴² La capilla ubetense sigue fielmente las trazas según las condiciones de Siloé, de manera que se descartan aportaciones propias o creativas por parte de Andrés de Vandelvira en la rotonda. Bustamante García, A. y Marías, F., 1982. *La catedral de Granada y la introducción de la cúpula en la España del Renacimiento*.

f85. Arco toral de la cabecera. Catedral de Granada.

f86. Arco toral de la cabecera. El Salvador, Úbeda.

Por tanto, nos encontramos ante un caso de arco trazado con una testa en paramento curvo cóncavo y la otra en un paramento plano, lo cual, como ya hemos visto anteriormente, genera lo que los tratados de cantería han definido como “Arco en torre cavada”. Estas no son piezas comunes, porque en la mayoría de los casos los muros son curvos en ambos paramentos. Además, para facilitar el trazado del arco se recurre a un esquema radial en muchas ocasiones, abriendo así las jambas que pasan a ser oblicuas y simétricas, es decir, el “Arco abocinado en torre redonda contra torre cavada”, caso que precisamente encontramos en los pasajes centrales entre la capilla mayor y el deambulatorio de la catedral granadina.

Los distintos tratados y manuscritos de cantería renacentista abordan esta cuestión planteando un arco con una testa planta y otra curva de manera que el eje del cilindro que genera el paramento curvo y el eje del cilindro que genera el intradós del arco se cortan. El problema y la solución son los mismos del “Arco en torre redonda”, que consiste en una pieza similar, un arco con una testa en un paramento plano, y la otra en un paramento curvo con la diferencia de que en lugar de ser cóncavo, éste es convexo. Comenzando por la testa recta, se obtienen las plantillas de intradós al abatir teniendo como charnela cada una de las aristas entre dovelas. Una vez que tenemos la verdadera magnitud de las juntas entre dovelas, el problema se presenta al intentar cerrar el cuadrilátero puesto que el lado opuesto a la testa plana no es recto, sino curvo, al estar situado en una superficie cilíndrica. En este punto, Philibert de L'Orme (1567, f. 74 v) no presta demasiada atención a la cuestión, puesto que, aunque la plantilla debe tener un lado curvo y no en línea recta, no le preocupa en exceso.

Martínez de Aranda (c. 1600, pl. 25) sí que aborda el problema en su traza “Arco en torre cavada contra cuadrado” (fig. 87). Para trazar el lado curvo de la plantilla con exactitud será necesario fijar un punto intermedio, que normalmente será el punto medio del segmento. A continuación toma la posición relativa de la proyección de este punto medio con respecto a la circunferencia del paramento, llevando esta distancia al abatimiento para obtener el punto intermedio del lado curvo de la plantilla y poder trazar así el arco correspondiente de tres puntos como un arco de círculo, aunque en realidad no lo es. A decir verdad, es una curva alabeada puesto que la intersección de dos cilindros perpendiculares genera un luneto. Puesto que Aranda no describe este procedimiento para obtener el desarrollo de la cara de intradós, sino la proyección de la propia cara sobre un plano para labrar posteriormente la dovela, la proyección de la curva será un arco de elipse. La pequeña desviación entre el arco de circunferencia

del lado curvo y el segmento que une sus dos extremos, puede parecer irrelevante en la práctica, como opina De L'Orme. Sin embargo, en el caso que nos ocupa, el arco triunfal de la rotonda de la catedral de Granada, la diferencia entre tomar la testa recta, y construir la curva, es aproximadamente 5 centímetros, lo cual es más que relevante en un trabajo de cantería con sillares de piedra (Calvo 1999, p. 98).

Por otro lado, Vandelvira afronta el mismo problema, generado por la curvatura del paramento al obtener las plantas por cara, desde otro punto de vista. Esta traza corresponde al primero de los dos “Arcos en torre cavada” (fig. 88) que se incluyen en el manuscrito de Vandelvira (c. 1580, f. 21 v). En este caso plantea un procedimiento más directo que el de Martínez de Aranda, pero más complejo a la hora de desarrollarlo. En lugar de hallar la distancia del lado curvo de la proyección de la cara de la dovela, obtiene directamente la posición del punto medio de ese lado curvo por el mismo procedimiento de abatimiento y traslación por el que hemos obtenido el extremo de este lado (Wendland et al. 2015, p. 1788).⁴³

En este tipo de arcos, igual que en el “Arco en torre redonda”, el eje del cilindro de intradós y el eje del cilindro que da el paramento curvo se cruzan. Por tanto el arco es simétrico en planta respecto del plano vertical que pasa por el eje del cilindro de intradós. Aprovechando esta simetría solo será necesario obtener la mitad de las plantas por cara, que sirven para las dovelas del lado opuesto con sólo darles la vuelta. Por otro lado, los cuatro vértices de la cara de intradós de la clave quedan situados en el mismo plano, por lo que podemos obtenerla directamente tomando su proyección en planta.

⁴³ En este punto es importante comparar los análisis realizados por Calvo (1999) y Wendland, Aranda y Ventas (2015). Mientras que el primero secunda el método de Martínez de Aranda (c. 1600), los segundos se inclinan por la solución de Vandelvira (c. 1585). Sin embargo, cabe la posibilidad de que nos encontremos ante soluciones que abordan problemas distintos: mientras que Aranda piensa en plantillas rígidas, Vandelvira se basa en el empleo de plantillas flexibles.

f.87. Arco en torre cavada contra cuadrado. Martínez de Aranda (c. 1600 pl. 25)

f.88. Arco en torre cavada. Vandelvira (c. 1585, f. 21v)

Levantamiento y análisis

Para estudiar la geometría y el desarrollo constructivo del arco toral de triunfo que comunica la capilla mayor con las naves de la catedral, se han realizado levantamientos arquitectónicos mediante fotogrametría de imágenes cruzadas. Como hemos analizado anteriormente, se trata de una pieza muy singular, no sólo por su significación espacial sino por considerarse en muchos casos como un alarde estereotómico, donde el carácter renacentista de la catedral adquiere su mayor dimensión, tanto por cuestiones formales como por la destreza constructiva con la que fue ejecutada. Dado que destaca por su difícil trazado geométrico, el levantamiento arquitectónico es en este caso una herramienta fundamental para analizar su despiece con precisión, sin basar el estudio en meras hipótesis fundamentadas en la observación. Las fotografías se han procesado mediante PhotoModeler Scanner, que ha informado de un error máximo de 0.01 metros. La nube de puntos obtenida ha sido tratada posteriormente con Autocad y Rhinoceros para llegar a la elaboración de una representación gráfica rigurosa que refleje las irregularidades y deformaciones por la construcción. Se han tomado 15 fotografías, obteniendo 175 puntos que representan la superficie de intradós que define la geometría de la pieza. En este caso, y siguiendo la estética de casetones utilizada en bóvedas anteriormente analizadas, el arco de triunfo se ejecuta mediante cruceros que facilitan en gran medida la lectura de su superficie de intradós. Los cruceros facilitan la lectura y el estudio de la pieza, puesto que son estos nervios los que proporcionan al conjunto su configuración geométrica global, mientras que los casetones y molduras decorativas son elementos secundarios irrelevantes con respecto al sistema constructivo. En este punto es importante destacar que las bóvedas no muestran claramente las juntas entre dovelas debido al enlucido que las recubre (fig. 89).

El arco triunfal de la rotunda en la catedral de Granada presenta en una de sus testas un arco contenido en un plano vertical, y un arco abierto en un paramento cilíndrico en la otra. Por tanto, nos encontramos ante el “Arco en torre cavada” contenido en los tratados de cantería renacentista. A pesar de que ya hemos visto esta figura en piezas anteriores, el paramento curvo adquiere un mayor protagonismo en este caso dadas las grandes dimensiones del arco en relación con el radio del cilindro, al contrario de lo que ocurría en los pasajes abocinados, donde el protagonista era el abocinamiento

frente al alabeo de la testa menor, que pasaba a un segundo plano dadas las pequeñas dimensiones del arco en relación a la rotonda.

Al analizar la planta del arco encontramos, efectivamente, dos cruceros perimetrales que coinciden con las testas del arco. La testa exterior, en la nave central de la catedral, se representa como una línea recta, mientras que la interior, en la rotonda, se presenta como un arco de circunferencia. Entre ambas testas aparecen una serie de 12 cruceros menores o transversales vistos en verdadera magnitud, y perpendiculares a la testa recta, que dividen el intradós del arco en 11 huecos o casetones que se adaptan a la curvatura de la testa interior en cada tramo del arco. La luz del arco es aproximadamente 40 pies castellanos, mientras que su espesor presenta algo más de 15 pies en el arranque, donde alcanza su máxima dimensión, y en torno a los 7 pies en la clave. Es decir, el arco reduce su espesor en algo más de la mitad, o lo que es lo mismo, el alabeo del arco llega a ser en sección algo menos de la mitad del espesor del arco, lo cual es bastante notable, al contrario de lo que ocurre en lunetos de la cúpula, donde el alabeo es prácticamente imperceptible dadas las pequeñas dimensiones del arco en relación al paramento donde se abre.

En cuanto a la sección longitudinal de la pieza, observamos que ambas testas se presentan como arcos de circunferencia iguales, con radio en torno a 20 pies, y cuyo centro se encuentra en el nivel inferior de la cornisa sobre la que arrancan sus jambas. Observamos, además, la sección de los cruceros que definen perfectamente la división del intradós del arco, así como las molduras y añadidos en el interior de cada tramo. La sección transversal muestra, como ocurría en la planta, la notable diferencia que existe entre las dos testas, presentando la testa exterior como una línea recta, y la interior como una línea curva que sigue la concavidad del paramento en el que se abre el arco. Los cruceros transversales se muestran en verdadera magnitud, siendo más largo el más cercano a la cornisa, y más cortos los que forman la clave del arco.

Nos encontramos, por tanto, ante un intradós cilíndrico cuyo eje corta con el eje del cilindro que define el paramento interior y que genera la curva alabeada en la testa correspondiente a la rotonda. Es decir, mientras que la testa exterior no presenta singularidad alguna, la testa interior queda generada por una intersección de cilindros, uno mayor y vertical que configura la rotonda central, y otro menor y horizontal que determina el intradós del arco (fig. 90).

f89. Arco toral de la cabecera en la Catedral de Granada. Planta y Sección longitudinal

f90. Arco toral de la cabecera en la Catedral de Granada. Sección transversal

En este caso Siloé recurre, al igual que en los casos anteriores, a la geometría de cruceros, probablemente en un intento de aportar unidad estética al conjunto. Además, la estética de casetones es recurrente en la arquitectura romana. El carácter lineal de los cruceros, frente a las bóvedas construidas con piezas enterizas, facilita en gran medida la lectura geométrica de la bóveda. Sin embargo debemos considerar la dificultad en la labra de las crucetas, o encuentro entre cruceros, puesto que una vez obtenidas las dovelas envolventes, se habrá de retirar el material sobrante para obtener el cruce entre nervios. En cualquier caso, y como ocurría en la bóveda que cubre el espacio anterior a la sacristía, en este caso los cruceros no destacan demasiado sobre la superficie del arco debido a la escasa profundidad de los casetones. Los cruceros quedan al mismo nivel que las molduras decorativas de los intersticios, de manera que la línea adquiere poco protagonismo con respecto a la superficie, como suele ocurrir en el Renacimiento, y los cruceros se muestran más como elementos decorativos que como elementos estructurales, probablemente de forma intencionada.

Conclusiones

La estructura de la capilla mayor consiste en un conjunto radial generado en parte por los grandes estribos que absorben los empujes de la bóveda y que parten directamente desde el suelo. Esta geometría circular tan rígida, así como sus grandes dimensiones, da lugar a una gran autonomía espacial que no facilita el encuentro geométrico con la disposición lineal y ortogonal de las cinco naves longitudinales de la catedral. Sin embargo, el arco toral de la rotonda central resuelve este enlace geométrico, de manera que todos estos problemas quedan anulados con una solución geométrica visualmente sencilla, si bien es compleja a nivel constructivo y material. El arco que se eleva sobre los dos estribos del lado de las naves, que adquieren en su base un singular perfil triangular, se adapta al mismo tiempo a la disposición ortogonal de las naves y a la geometría circular de la cabecera, siguiendo el escorzo que también se plantea en los pasajes extremos entre rotonda y deambulatorio.

Además, esta solución geométrica es más compleja si tenemos en cuenta que está ejecutada en piedra. Si el arco toral hubiera estado ejecutado en ladrillo y aplacado posteriormente, el problema de su construcción y sus trazados geométricos habrían sido probablemente resueltos por tanteos, de forma más o menos intuitiva durante la propia construcción apoyándose en cimbras, como veremos que ocurre en la gran

cúpula semiesférica. Sin embargo, como sabemos esta pieza está formada por grandes bloques de piedra con un planteamiento geométrico previo, no sólo para garantizar la estabilidad estructural del conjunto, sino para adaptarse a las necesidades espaciales que presenta la singularidad de este caso.

Como vimos con anterioridad, el arco total de la cabecera es un clarísimo ejemplo de “Arco en torre cavada contra cuadrado” según Aranda, es decir, un arco abierto en paramento curvo cóncavo por un lado, y un plano vertical por otro. Dada la dificultad y los problemas que presenta el trazado de este tipo de geometrías en los tratados, destaca especialmente la precisión en la ejecución de la testa curva, que se adapta con gran maestría a la circunferencia generatriz del cilindro mayor en planta, y a la circunferencia menor en la sección longitudinal. Además, a la singular geometría del arco triunfal de la catedral de Granada, hay que sumar sus grandes dimensiones. En la mayoría de ocasiones, cuando se abre un hueco en un paramento curvo o una bóveda dando lugar a una curva alabeada generada por la intersección de dos cilindros de distinto radio, bien sea “Arco en torre cavada” o Arco avanzado”, las pequeñas dimensiones del cilindro menor con respecto al mayor hacen que la luz, y por tanto el vuelo generado, sean muy reducidos, de manera que las imprecisiones en la construcción son prácticamente inapreciables. Sin embargo, en la catedral de Granada, el arco posee un radio de grandes dimensiones en relación con el radio de la rotonda central. Frente a los 75 pies que presenta el radio de la rotonda, el arco total posee un radio de aproximadamente 20 pies, casi una cuarta parte, lo cual se traduce en una luz de en torno a unos 40 pies, más de la mitad del radio de la rotonda. Además, en la sección transversal observamos perfectamente como el alabeo de la testa afecta al arco reduciendo su espesor exactamente en la mitad. Por tanto, como muestran los levantamientos, el alabeo es bastante notable, por lo que cualquier imprecisión o fallo en la ejecución sería probablemente apreciable a simple vista.

En general, todos los retos constructivos de la cabecera granadina: las bóvedas en las capillas, las bóvedas “abocinadas” radiales (especialmente las de los extremos), los arcos de doble curvatura abiertos en superficies cilíndricas, las bóvedas trapezoidales del deambulatorio, y por supuesto, el gran arco total abierto en el muro de espesor variable entre la capilla y la nave mayor, no pueden ser considerados como elementos constructivos aislados con soluciones individuales, sino que los distintos despieces para resolver los encuentros de todas las piezas forman parte de la misma solución geométrica y constructiva.

3.2.5. La cúpula sobre la capilla mayor

Como ya hemos apuntado anteriormente, en 1541 la construcción ya había alcanzado el nivel de la primera cornisa de la capilla mayor, a la misma cota que las bóvedas de la girola aproximadamente. Sin embargo, los planos de la cúpula sobre la capilla mayor fueron hechos en 1555, y el trabajo quedó terminado entre 1557 y 1558, puesto que en mayo de 1558, el secretario del Cabildo escribía que "la cúpula está casi terminada" (Gómez-Moreno 1941, p. 61; Gallego y Burín 1982, p.508; Rosenthal 1990, p. 31).

Gracias al grabado que Heylan realizó a principios del siglo XVII, podemos conocer de una forma bastante precisa el estado en que Siloé dejó la cabecera tras su muerte puesto que la muestra libre de todos los añadidos y modificaciones barrocas, neoclásicas y posteriores. La cabecera queda perfectamente descrita en el alzado-sección de la rotonda. La altura del espacio cilíndrico de la rotonda es dos veces su diámetro, aproximadamente 45 por 22 metros (155 por 75 pies) y aparece seccionado en dos niveles iguales (Rosenthal 1990, p. 32; Gila 2005, p.105). La cúpula, de forma semiesférica, se levanta sobre un espacio cilíndrico, y en la base de su superficie de intradós se ejecutan aberturas como arcos de medio punto. Desde el exterior no se advierte la forma esférica de la cúpula, y no parece probable que en algún momento se planteara construir una linterna sobre ella. Resulta curioso comparar las distintas representaciones gráficas que se han realizado del exterior de la cabecera, puesto que existen grandes contradicciones entre ellas, y con el estado actual de la misma. Los grabados de Hoefnagel, fechados en 1563 y 1565, difieren notablemente, puesto que el primero presenta una disposición de tejados en tres niveles, mientras que el segundo muestra una cúpula exenta. En 1590 Ambrosio de Vico muestra el exterior de la cúpula de forma muy similar al que presenta el primer grabado de Hoefnagel, siendo además la representación que más se aproxima al estado actual de la cúpula vista desde el exterior (Rodríguez Ruiz 1997, Ureña Uceda 1999).

La cúpula debe su forma semiesférica a sendos nervios de perfil semicircular que se elevan hacia la clave desde las columnas adosadas en la rotonda y situadas debajo de ellos. Esta disposición establece una continuidad vertical que algunos consideran herencia gótica, sin embargo esta verticalidad se contrarresta por las líneas

horizontales de los entablamentos y por los paramentos curvos de la rotunda y la cúpula. Este sistema estructural es similar al de las cúpulas de Brunelleschi y otros arquitectos lombardos, consistente en una serie de nervios arqueados que quedan cerrados por pequeñas piezas ligeras en los intersticios. Es más, teóricos renacentistas como León Battista Alberti recomendaba mantener el ritmo de las columnas de los muros, continuándolas mediante nervaduras en la cúpula hasta su clave. En la base de la cúpula se abren ventanas con forma de luneto, muy similares a las que se encuentran en las rotondas romanas dibujadas por algunos arquitectos renacentistas, como Baldassare Peruzzi (Rosenthal 1990, p. 89).

La cúpula sobre el altar mayor de la catedral de Granada ha suscitado, desde su construcción, un gran debate en torno a su configuración espacial, sus proporciones, el espacio que genera al coronar la centralidad de la cabecera, y sobre todo, como todo lo relacionado con el estudio de este edificio, la relevancia de su papel en la introducción del Renacimiento en España. Sin embargo, como sabemos la cúpula ejecutó siguiendo un sistema lineal de nervios con plementería de piezas ligeras, por lo que queda fuera del campo de la estereotomía de la piedra, especialmente si la comparamos con otras piezas de la cabecera como son los pasajes abocinados o el arco triunfal de la rotunda. En cualquier caso resulta interesante si la analizamos en el ámbito geométrico, sobre todo si atendemos a los lunetos abiertos en su base (fig. 91).

Antecedentes constructivos

La cúpula semiesférica sobre base cilíndrica no tiene precedentes en España (Gila Medina 2005, p. 107). Agustín Bustamante y Fernando Marías (1982) proponen buscar similitudes de la cabecera de la catedral en otra obra a reducida escala ya mencionada anteriormente, también diseñada por Siloé de forma paralela a ésta: El Salvador de Úbeda (p. 239). Esta obra, proyectada como templo funerario de Francisco de los Cobos comparte con la cabecera granadina la idea estructural inicial, que deriva como ya hemos comentado, de la capilla napolitana Caracciolo di Vico de San Giovanni a Carbonara, donde Siloé trabajó junto a Bartolomé Ordoñez en el cuerpo escultórico (Gómez-Moreno 1941, p. 42). Sin embargo, es preciso aclarar que la influencia de esta capilla quizá no sea sólo por su planta circular, sino por el arco en torre cavada de la entrada.

En cuanto a la cúpula nervada de gallones con nervios de piedra y plementos de ladrillo, encontramos ejemplos como el de la sacristía de Giuliano da Sangallo en Santo Spirito de Florencia, o Santa María delle Carceri de Prato, o el de la sacristía murciana de Jacobo Florentino, que pudieron servir de modelo a Siloé en el caso de que llegara a conocerlas. En cualquier caso es importante recordar que Siloé llega a Granada de Castilla, concretamente de Burgos (Martínez-Moreno 1941, p. 41 - 98), donde pudo tener contacto con las cúpulas de su sala capítular románica, o en los cimborrios de Salamanca, Zamora y Toro (Torres Balbás 1922, p. 97-117).

Los estudiosos de principios del siglo XX relacionan insistentemente la cúpula de Granada con la verticalidad gótica debido a sus altas proporciones y la continuidad de las líneas del paramento sobre la superficie semiesférica. Si bien es cierto que en la Toscana, los espacios cupulados suelen presentar una proporción 2:3, y no 1:2 como ocurre en Granada, en Lombardía se introducen estructuras más altas a finales del siglo XV y principios del XVI. En realidad no podemos señalar un modelo claro para la rotonda central de la catedral, principalmente por sus grandes dimensiones. Sin embargo encontramos algunas construcciones octogonales en Lombardía que se acercan a la proporción 1:2, como por ejemplo la sacristía de Santa María presso San Satiro, de Bramante (fig. 92), y la capilla funeraria de los Trivulzio de la iglesia de san Nazario in Brolio, ambas en Milán. También presentan altas proporciones el mausoleo de Teodorico en Rávena de principios del siglo XVI, o la iglesia central de san Vitale, algo posterior. En cualquier caso, y como ya hemos comentado, estos ejemplos presentan similitudes formales a una escala muy reducida, por lo que las dimensiones de la cabecera de Granada guardan más semejanzas con las rotondas de los antiguos baños romanos, como los de Caracalla y Diocleciano. Igualmente, algunos críticos opinan que estas formas dinámicas no encajan con la estática y la estabilidad formal asociadas tradicionalmente al estilo clásico. Sin embargo, italianos como Leonardo da Vinci y Giuliano da Sangallo también proyectaron estructuras radiales, aunque sus proyectos rara vez llegaron a ejecutarse. Por tanto, podemos aceptar como novedosa la combinación de gran escala y disposición radial de la cabecera granadina.

Numerosos tratados y manuscritos renacentistas abordan la geometría de cúpulas semicirculares, así como de lunetos y huecos abiertos en bóvedas. Sin embargo no profundizaremos en lo que respecta al despiezo de intradós, puesto que como sabemos, la cúpula no se materializa en piedra sino en ladrillo.

f.91. Cúpula con lunetos. Catedral de Granada.

f92. Baptisterio en Santa Maria presso San Satiro. Milán

La cúpula semiesférica es sin duda uno de los elementos más característicos del lenguaje clásico, por lo que encontramos análisis de su geometría en multitud de escritos renacentistas. La resolución de este tipo de piezas mediante el ensamblado de piezas enterizas era una cuestión muy novedosa para los canteros españoles de tradición medieval, así como para los artistas italianos o formados en Italia. La pieza básica y la más conocida de esta familia es la bóveda semiesférica o “Capilla redonda” para Alonso de Vandelvira (c. 1580, f. 60 v), según él, origen de todas las capillas romanas. La solución clásica, ya empleada en la década de 1530 (Calvo 2005a), consiste en dividir la bóveda en hiladas y desarrollar un cono que pasa por dos juntas de lecho sucesivas y por tanto tiene el vértice en la vertical de la clave. El desarrollo se transporta a una plantilla flexible. En cualquier caso, y dado que la cúpula en la catedral de Granada sólo presenta los nervios ejecutados en piedra, la dificultad reside en la sencilla tarea de tallar las dovelas siguiendo el esquema de arcos de medio punto, y completar la plementería apoyándose en una cimbra.

En cuanto a los huecos abiertos en la base de la cúpula, son relativamente novedosos puesto que la práctica habitual consistía en ejecutar la bóveda sobre un tambor en el que abrir los huecos pertinentes para iluminar el interior, evitando así la ejecución de lunetos en la superficie esférica de la cúpula. Más comunes, no solo en el Renacimiento, sino desde el Románico, son los lunetos abiertos en bóvedas de cañón, “Arco Avanzado en cercha” según Alonso de Vandelvira (c.1580, f. 23 r) y “Arco avanzado en bóveda” para Ginés Martínez de Aranda (c.1600, pl. 62), que se generan por la intersección de dos cilindros cuyos ejes se cortan, uno de mayor radio definido por la bóveda, y otro menor que define el intradós del hueco abierto. Como vimos en el caso de “Arco en torre cavada”, también se generan lunetos cuando el cilindro mayor viene dado por un paramento vertical curvo. Sin embargo, en los arcos sobre la cúpula de la capilla mayor se dan ambas circunstancias, y pueden considerarse como arcos que no sólo están “cavados” en el plano horizontal sino que además deben adaptarse a la concavidad de la bóveda en la sección vertical. A pesar de que es una pieza muy frecuente en los tratados de estereotomía, Vandelvira no estudia este tipo de arco. Sin embargo, el manuscrito de Martínez de Aranda aborda esta cuestión con el desarrollo de su “Arco en vuelta de horno por testa” (c. 1600, pl. 62) (fig. 93).

f93. Arco en vuelta de horno por testa. Martínez de Aranda (c. 1600, pl. 62.)

En este caso se trata de abrir un arco en una bóveda de horno, es decir, una bóveda en cuarto de esfera, que, en cualquier caso, es de intradós esférico. Aranda propone 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, utilizando un método muy similar al “Arco avanzado en bóveda” y abatiendo, como en otras trazas, con charnela en la arista inferior de la cara de intradós de cada dovela para obtener las plantas por cara. Como ocurría en casos anteriores, uno de los lados de la planta no es un segmento, sino una línea curva, lo cual se soluciona, como ya hemos visto, trasladando la distancia relativa del vuelo de la bóveda. Sin embargo en este caso esta solución no es tan banal, puesto que se trata de una superficie esférica, lo que lleva a Aranda a simplificar el problema abriendo el arco en una superficie de traslación que se obtiene cuando “una semicircunferencia se desliza 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” (Calvo 1999, p.169), superficie que no es de uso frecuente en arquitectura. Por otra parte, hay que tener en cuenta que en la catedral de Granada encontramos un caso de lunetos generados por un arco de luz muy reducida en comparación con el diámetro de la cúpula, y donde el ángulo entre los radios correspondientes al centro del arco y a las jambas es muy pequeño, por lo que el error cometido al asimilar la esfera a una superficie de traslación sería prácticamente despreciable.

En cualquier caso, y como ya hemos comentado, dado que la cúpula semiesférica está ejecutada en ladrillo, el hueco de los arcos abiertos no necesita solventarse con cantería renacentista, por lo que el problema de sus trazados geométricos podría haber sido resuelto por tanteos, a modo de prueba y error durante la propia construcción de las cimbras. De esta manera, la única cuestión estereotómica quedaría reducida a la construcción de los nervios estructurales de piedra y al arco que remarca la apertura del luneto en la superficie esférica.

Levantamiento y análisis

Para estudiar la geometría del intradós de la cúpula se han realizado levantamientos arquitectónicos mediante fotogrametría de imágenes cruzadas. Las fotografías se han procesado mediante PhotoModeler Scanner, que ha informado de un error máximo de 0.014 metros. La nube de puntos obtenida ha sido tratada posteriormente con

programas CAD como Autocad y Rhinoceros para llegar a la elaboración de una representación gráfica rigurosa, no ideal, de la geometría de la bóveda. Se han tomado 22 fotografías, obteniendo 444 puntos que representan los nervios y los elementos que definen la geometría de la cúpula. Dado que en este caso no existen cruceros ni juntas entre dovelas, el levantamiento se ha basado principalmente en la geometría de los nervios y de los lunetos. Los puntos se han tomado, en su mayoría, a lo largo de las nervaduras, puesto que son los únicos elementos constructivos de los que dispone la cúpula, así como de los diversos elementos decorativos que componen su superficie, si bien estos no pueden tenerse en cuenta para el análisis constructivo, sino únicamente para el formal.

La cúpula de la catedral se eleva sobre una cornisa circular interrumpida por una serie de balcones que sobresalen de la misma coincidiendo con el arranque de cada uno de los nervios. De la cornisa, y siguiendo la estructura de pilares sobre la que apoya, arrancan diez nervios estructurales hasta llegar al punto más alto de la cúpula, que en este caso no es una clave, sino un óculo. Se configura así la base estructural de la cúpula configurada por una red cerrada de nervios, considerando la cornisa de la base y el anillo de la clave como nervios circulares que abren y cierran la red, unidos por los 10 nervios estructurales que dan soporte a la plementería de ladrillo (fig. 94).

En planta, la base de la cúpula se presenta como una circunferencia de radio 22,25 metros (75 pies), y los diez nervios siguen la disposición de sus radios presentando 36° entre cada uno de ellos y enfrentados dos a dos. La sección dada por una pareja de nervios enfrentados muestra el perfil de estos en verdadera magnitud, que, al igual que en planta, corresponde con arcos de circunferencia de radio 22,5 metros. Por otro lado, los nervios que no quedan seccionados y se muestran proyectados sobre la superficie de la cúpula, se representan en alzado como arcos de elipse. Por último, si comprobamos la sección de la cúpula dada por la plementería coincidiendo con el eje de simetría de los lunetos, y sin seccionar ninguno de sus nervios estructurales, observamos que el perfil es igualmente un arco de circunferencia que sigue las proporciones de los arcos generados por los nervios. La cúpula medida desde la cornisa presenta una altura de 10,9 metros (37 pies), mientras que si tomamos la distancia desde el suelo, es 45 metros (155 pies), lo cual, como ya han comentado diversos autores en la literatura, es prácticamente el doble de su radio (fig. 95).

f94. Cúpula de lunetos en la catedral de Granada. Planta

Sección 1

Sección 2

f95. Cúpula de lunetos en la catedral de Granada. Secciones

En cuanto a los lunetos, algunos autores los han definido como “arcos tridimensionales” o “arcos de triple curvatura” (Ampliato 1996, p. 105) puesto que, a diferencia de los arcos alabeados que hemos visto anteriormente, en este caso los huecos no se abren en un paramento curvo o en una bóveda de cañón, sino que se abren en una superficie esférica con curvatura en planta y sección, que se suman a la propia curvatura del arco en alzado. La curva alabeada del luneto se genera, por tanto, por la intersección de una esfera y un cilindro, siendo considerablemente mayor el radio de la primera que el radio del segundo.

Como sabemos, aunque el arco se materializa en piedra, la apertura del hueco en la bóveda se genera sobre una fábrica de ladrillo o piezas pequeñas unidas con mortero, por lo que la solución no es comparable, por ejemplo, con los lunetos limpiamente ejecutados en cantería que veremos más adelante en el palacio de Carlos V. Al analizar los lunetos en la planta de la cúpula observamos claramente el alabeo de la testa exterior del arco, que en este caso da lugar a un vuelo muy reducido que apenas se desvía de la testa recta, concretamente 0,43 metros, lo cual es relativamente discreto en comparación al radio de la cúpula, 22,5 metros, y la luz del arco, unos 4 metros. En la sección dada por dos nervios enfrentados muestra uno de los lunetos en alzado, es decir, el plano de proyección es perpendicular al eje del cilindro que genera el intradós del arco, por lo que vemos las testas en verdadera magnitud. Las testas se muestran como un arco de medio punto peraltado, es decir, elevado con respecto al nivel de la cornisa. De esta manera, se agranda el hueco abierto sin necesidad de ampliar el radio del arco, lo cual generaría un mayor alabeo del luneto. Este dato es importante porque, al situarse el arco elevado con respecto al nivel de la cornisa, el eje del cilindro que genera el intradós del luneto no queda a la misma cota que el centro de la esfera que genera el intradós de la cúpula. Por tanto, el centro de la esfera no está contenido en el eje del cilindro, como cabría suponer en un principio. Por último, al analizar la sección dada por la plementería, concretamente por el plano que pasa por el eje del luneto, se nos muestra el luneto seccionado por su clave por lo que vemos claramente el vuelo de la testa exterior generado por el alabeo. Como hemos comentado, al tratarse de arcos peraltados, el alabeo no se inicia en el nivel de la cornisa, sino a la altura del centro del arco de medio punto.

En este caso, como ocurría en el Románico o en lunetos renacentistas tempranos, el alabeo se resuelve mediante un pequeño capialzado sobre el arco, que remarca, además, su encuentro con la superficie de la bóveda señalando con molduras la rosca

del luneto. En este caso, al contrario de lo que ocurre en el arco triunfal de la rotonda, las dimensiones del arco son muy pequeñas en relación al tamaño de la cúpula. Frente a los 75 pies que mide el radio de la cúpula, los arcos abiertos presentan una luz de aproximadamente 13 pies, lo cual genera un alabeo discreto y un vuelo de unos 4 pies que puede resolverse, como comentábamos, por tanteos, sobre todo teniendo en cuenta que el encuentro se remarca con molduras y motivos decorativos que dan lugar tan sólo a un pequeño capialzado en la clave del arco.

Conclusiones

En primer lugar es importante destacar la dificultad encontrada a la hora de realizar los levantamientos sobre esta pieza, dada la ausencia de elementos estructurales o constructivos tales como cruceros o juntas entre dovelas. Además, los únicos elementos estructurales, los nervios, se encuentran actualmente ocultos bajo capas de enlucido, por lo que ha sido difícil encontrar puntos de referencia en los que apoyar el levantamiento. La misma situación se ha dado con los lunetos, aunque la gran variedad de molduras y ornamentación existente ha sido de ayuda para la creación de la nube de puntos.

Como ya se ha comentado, la construcción de este tipo de cúpulas ejecutadas con una plementería de materiales ligeros sobre nervios de piedra estructurales no es novedosa. La novedad, probablemente, reside en que en este caso hablamos de una cúpula semiesférica, tipología frecuente en la arquitectura clásica y reinterpretada en el renacimiento. Por este motivo es llamativo el hecho de que formas tradicionalmente relacionadas con la arquitectura “a lo romano”, tan estudiadas en los tratados de cantería renacentista, hayan sido ejecutadas con técnicas de construcción góticas. Además, diversos autores hacen una mención especial a la verticalidad del espacio generado por la cúpula, no sólo por su estructura de nervios, sino porque además, esos nervios continúan la disposición de los pilares soportan su base. Es decir, la estructura del conjunto nace en los cimientos y se eleva hasta la clave de la cúpula, en lo que muchos consideran un rasgo claramente medieval. Sin embargo, dado que encontramos numerosos precedentes renacentistas que siguen este mismo esquema estructural, y dadas las grandes dimensiones de la cúpula y su rotonda, debemos probablemente atribuir su ejecución a cuestiones de practicidad constructiva. Evidentemente una cúpula de piedra supondría una carga estructural y unos empujes

muy superiores en comparación con una cúpula aligerada como la construida en la catedral de Granada.

En cualquier caso, encontramos signos de evolución constructiva y geométrica, como es la apertura de huecos en la propia superficie de la cúpula, y no en su base cilíndrica, donde habría sido mucho más fácil ejecutarlos. Si bien la ejecución de lunetos “tridimensionales” según Ampliato Briones (1996), es un gesto geométrico atrevido en la línea de otras piezas de la catedral como el arco triunfal o los pasos del deambulatorio, la solución final de estas piezas no resulta del todo novedosa.

Por un lado, Siloé resuelve el encuentro del cilindro del arco con la esfera de la cúpula según la tradición medieval de remarcar notablemente la rosca del arco, solventando el alabeo con un pequeño capialzado, lo cual oculta en gran medida cualquier imperfección en la construcción. Por otro lado, evita lunetos de grandes dimensiones. Para ello reduce el radio del arco y lo eleva sobre pilares, quedando más alto que el nivel de la cornisa. De esta manera puede abrir un hueco suficientemente grande para iluminar el interior sobradamente, ejecutando sin embargo un luneto pequeño al evitar el uso de arcos de mayor radio que habrían complicado la ejecución del alabeo en su testa. En cualquier caso, y puesto que los lunetos se generan en una superficie ejecutada con ladrillo, es muy probable que se abriera el hueco sobre la fábrica terminada una vez cerrada la cúpula.

3.3. El palacio de Carlos V

« (...) inverosímil dentro de nuestro Renacimiento; estéril, como obra exótica, allí en la Alhambra, donde quedó arraigado lo nazarí, lo árabe, con título de propiedad imprescriptible. Un edificio que pretendía inmortalizar las glorias imperiales del César Carlos, que no llegó a vivirlo; orgulloso con sus perfecciones, desdeñadas y como desconocidas por el ambiente nacional (...) aun hoy en espera de algo que llegue a darle vida, mientras el mundo tiene fáciles añoranzas para aquellos reyes nazaríes, raídos de la mansión vecina, su Casa Real vieja»

Manuel Gómez-Moreno y González, 1941. *Las Águilas del Renacimiento español*.

Contexto histórico

El palacio del Emperador Carlos V en la Alhambra de Granada está considerado el primer gran edificio renacentista construido fuera de Italia, lo cual no es de extrañar si tenemos en cuenta la importancia que cobra esta ciudad en la península tras haber sido reincorporada en 1492 al Reino de Castilla. Desde Italia llegan a Granada artistas como Machuca, Jacobo Florentino y Berruguete, formados en Italia, con el encargo de renovar las pinturas de la Capilla Real. Además de pintores, Jacobo y Berruguete destacan como escultores, y más tarde el mismo Jacobo y Machuca como arquitectos. Gracias al hijo de Florentino, el Indaco, conocemos algunos detalles de Machuca y la relación con Jacobo (Gómez-Moreno 1892, p. 99):

En este tiempo (1520) vino Machuca de Italia, pintor celebrado, discípulo de Michael Angel, el qual pinto maravillosas obras en el reyno de Granada y en las ciudades de Jaén, Toledo y convento de Uclés, y arquitecto que eligió la casa real del Alhambra que se labra al romano, la qual prosigue Luis Horozco su hijo, bien entendido, que estuvo en Italia.

Gómez-Moreno y Martínez, M. 1892. *Guía de Granada*.⁴⁴

Cuando el Emperador llega a Granada en 1526 queda maravillado de la ciudad y se propone convertirla en uno de los puntos clave de su residencia. Para ello, y ante la falta de comodidades que presenta la Alhambra para alojar a toda su corte, decide ampliar el palacio árabe construyendo junto a él otro más acomodado a los usos cristianos. Además, el hecho de situar el nuevo palacio renacentista junto al nazarí esconde cierto simbolismo y un claro mensaje a los europeos, amenazados por los ataques turcos, mostrando el triunfo del cristianismo en Occidente. Por otra parte, la decisión de construir un palacio monumental puede deberse seguramente a las circunstancias de la situación política en Granada, con una población morisca descontenta, practicante en secreto de la religión islámica, y hostil hacia los cristianos recién llegados. De hecho es importante saber que para financiar su construcción se destinó el tributo impuesto a los moriscos como pago por poder mantener sus costumbres. Sin embargo, esta urgencia del Emperador en cuestiones políticas no justificaría la decisión de expresarse a través del lenguaje arquitectónico romano y

⁴⁴ Texto original de Lázaro de Velasco, incluido en su traducción de Vitruvio

clásico. Aunque no visitó Italia hasta 1529, el emperador siempre siguió la tendencia del Sacro Imperio Romano de desarrollar un estilo iconográfico personal con claras referencias al imperio Romano (Rosenthal [1985] 1988, Hessler 1993).

Quienes hayan disfrutado de la extraordinaria belleza del lugar comprenderán enseguida la decisión de Carlos V de construirse en la Alhambra un palacio moderno; y la mayoría no tendrá inconveniente en creer a Sandoval cuando dice que de todas las que había visitado, Granada era la ciudad española que más le agradaba a Carlos.⁴⁵

Rosenthal, E.E. (1985) 1988. *El Palacio de Carlos V en Granada*.

Las obras del palacio comenzarían en 1533 (Rosenthal [1985] 1988). En los veinticuatro años que Machuca dirigió los trabajos, estos avanzaron notablemente (Cruces 2000). Prácticamente se terminaron todas las fachadas, excepto el ángulo noreste, y además, los muros, bóvedas subterráneas y la mayor parte de la portada sur. Al morir en 1550 le sucedió su hijo Luis, que siguió las trazas y modelo de su padre, así como su estilo sin desmerecer lo hecho en su tiempo. Éste terminó lo restante de la portada sur y la mitad de la oeste en mármol, el pórtico circular interior del patio y mucho de las paredes de la capilla. Cuando ya faltaba poco para enrasar los muros, estalló la desastrosa rebelión de los moriscos, lo cual afectó a la financiación de la obra. Por consecuencia, esta se suspende en 1568 y cuatro años después fallece Luis Machuca sin dejar quien le sucediera. Quince años duró la suspensión, pues aunque Juan de Orea, nombrado maestro mayor, recibió instrucciones de Juan de Herrera en 1580 para continuar las obras, murió de forma prematura, hasta que Juan de Minjares le sucedió en el oficio en 1583, nombrando aparejador a Juan de la Vega, ambos grandes maestros canteros y discípulo de Herrera, pero cuyo estilo estaba lejos del de Machuca. Minjares se convierte entonces en el ejecutor de los criterios de Herrera modificando el proyecto de Pedro Machuca, probablemente atendiendo a los deseos de Felipe II de reducir costes y acabar el edificio cuanto antes (Wilkinson 1974, 1977).

El trabajo de Minjares consistió principalmente en terminar las fachadas, la bóveda del zaguán principal y construir la galería del piso superior del patio, así como otras partes del edificio hasta 1612 en que falleció Vega, director de la obra desde la muerte de Minjares y quien, en vida de éste, tuvo gran relevancia teniendo en cuenta las largas

⁴⁵ Cita original en Rosenthal, E. E., 1985. *The Palace of Charles V in Granada*.

estancias del arquitecto en Sevilla. Siguió Pedro Velasco, quien asentó la columnata alta del patio y comenzó otra bóveda. Al morir en 1619 fue elegido Francisco de Potes, comenzando con él una época poco fructífera, que consiste tan solo en la terminación de la citada bóveda y la escalera principal, bajo la dirección de Bartolomé Fernández Lechuga. En 1637 la estructura estaba dispuesta para ser cubierta, pero aunque se cubrió parte del edificio, quedó por hacer lo demás, hasta que, debido al abandono, terminó por hundirse, y nunca llegó a completarse según el proyecto inicial, sirviendo como almacén de materiales y herramientas mientras que la Alhambra servía de refugio para deudores perseguidos por la ley. Prueba de este desinterés general es que, en 1750, la Real Academia de Bellas Artes decidió documentar gráficamente los dos palacios antes de que se deteriorara aún más y desaparecieran (Gómez-Moreno y González 1892; Rosenthal [1985] 1988). Muy poco se hizo por proteger el conjunto de la Alhambra y el palacio hasta que, tres siglos después, el nombramiento de Leopoldo Torres Balbás como director de la Alhambra en 1923 marca el inicio de un programa de conservación de la fortaleza y sus palacios (fig. 96). Aunque su primera preocupación fue la conservación de los palacios y fortificaciones árabes, hacia 1941 los planes incluían la finalización del palacio renacentista como museo, siendo Francisco Prieto Moreno arquitecto y conservador del Patronato (Rosenthal 1985). Por último, en el año 2000 el arquitecto Antonio Jiménez Torrecillas redacta el Proyecto de Adecuación de la Planta Principal del palacio de Carlos V, actualmente ya ejecutado, y que aborda la investigación arquitectónica, el acondicionamiento ambiental de las salas y la inclusión de las instalaciones necesarias acordes al uso expositivo.

Su perímetro cuadrado, de 62 metros de amplitud, queda insertado en el complejo de la casa real nazarí, lindando en su lado oriental con la iglesia de Santa María, antigua mezquita real, y con dos lados libres donde se proyectaron plazas con galerías que no llegaron a edificarse. Las naves tienen una anchura de aproximadamente 7,50 metros, y envuelven un patio circular de 42 metros de diámetro, cubierto en parte por una galería anular porticada que sigue los órdenes dórico y jónico. Se desconoce la finalidad y la función del patio, puesto que la plaza principal en poniente se diseñó para alojar recepciones. Rosenthal ([1985] 1988) apunta la posibilidad de que estuviera destinado al retiro igual que el patio de Adriano en Villa Tívoli, puesto que ambos coinciden en dimensiones repitiéndose en Granada el diámetro de 42 metros. Además, la simbólica combinación de las dos formas perfectas, círculo y cuadrado, ha sido interpretada por diversos autores, quienes le atribuyen una gran carga metafórica

(Gómez-Moreno y González 1892; Gómez-Moreno y Martínez 1941; Rosenthal [1985] 1988; Brentjes 1987). Por último, cuatro zaguanes abovedados le dan entrada en todos sus lados, un octógono destinado a la capilla ocupa el ángulo noreste del cuadrado, y tres escaleras debían encajarse en los espacios residuales entre las naves y el patio circular. Además, la nave septentrional con la capilla tiene sótanos abovedados que comunican directamente con el palacio nazarí.

Aunque debido a su abandono no tuvo en su época una gran influencia en España, el palacio de Carlos V ha sido reconocido como una de las mejores creaciones del Renacimiento español.

Estado del arte y discusión

Desde su construcción hasta nuestros días, muchos han sido los estudiosos, académicos y autores destacados que han estudiado y analizado el edificio y sus circunstancias. El primero en mencionar el palacio como obra maestra es Francisco de Holanda, académico y filósofo que conoció personalmente a Miguel Ángel. El poeta Vicente Espinel, contemporáneo suyo, se refiere al arquitecto como “el gran Machuca”, quien fue también admirado como pintor y escultor por Juan de Butrón y Palomino. En el siglo XVII el palacio y su arquitecto son descritos en términos más bien enfáticos, incluso a principios del s XVIII son aún elogiados por autores como Juan Álvarez de Colmenar, Bocharti, Pons, Madame d'Annoi, Joannis Gerandensis, Nonni, Gomelius o Merlue entre otros (Loukomski 1944). El resurgimiento de Vitruvio y las tradiciones palladianas a final del s. XVIII coinciden con el gran interés suscitado por la resurrección de Pompeya, y al mismo tiempo, con las obras de los gran arquitectos del siglo, grandes anticuarios. Autores como Henry Swinburne (1787, I, p. 267 - 293) y Alexandre de Laborde (1806-1820, II, p.16-27) reconocieron fácilmente y quedaron impresionados por la belleza del palacio de Carlos V a pesar de atribuir erróneamente su arquitectura a Berruguete, dejando a Machuca en un segundo plano como mero colaborador. Concretamente Swinburne destaca la genialidad de su autor, la unidad del edificio, y la elegancia del patio circular, reconociendo además que su “admiración ha aumentado en proporción al número de visitas realizadas”.⁴⁶

⁴⁶ Traducción libre del original en Swinburne, H., 1775. *Travels through Spain*.

Estos datos son suficientes para entender que hasta finales del XVIII las cualidades sobresalientes del palacio fueron apreciadas por artistas entendidos. Sin embargo, en el siglo XIX cambian los criterios de opinión, y los autores en su mayoría defienden la destrucción del palacio, el cual consideran un “parásito” de la Alhambra. La construcción nazarí y sus jardines eran por aquella época tan admirados que el palacio pasaba prácticamente desapercibido por los visitantes, incluso Washington Irving fue totalmente indiferente. Carl Justi ([1891] 1908) hace especial incapié en que el palacio “se ha dejado inacabado desde mitar del siglo XVI y se encuentra prácticamente en ruinas, mutilado, abandonado, y utilizado para todo tipo de fines, incluso comerciales” y que sus paredes “están recubiertas de musgo hasta la altura de 6 pies”.⁴⁷

Entre las críticas al palacio destaca la de Pierre Imbert, quien lo describe como pesado y sin interés alguno (Imbert 1875, p. 111 - 121). De la misma manera, Manuel Gómez Moreno, que valora positivamente las ejecuciones realizadas durante el siglo XVI por los Machuca, se refiere a las intervenciones posteriores a ellas como “de mal gusto”. Ya a principios del s. XX autores como Loukouski se refieren al palacio como uno de los ejemplares arquitectónicos más interesantes del mundo, además de considerarlo como el primero en romper con la tradición del Renacimiento florentino. Sobre las posibles influencias en el Emperador Carlos y la Emperatriz hacia el arte clásico italiano, Loukouski destaca el papel de Don Manuel de Portugal, padre de Isabel, quien estaba muy involucrado en la arquitectura y las distintas corrientes artísticas hasta el punto de dar nombre al “estilo manuelino portugués”, que tuvo su máxima expresión en la ventana del Capítulo del Convento de Cristo, en Tomar. Sin embargo, no fue hasta después de la muerte de Don Manuel que las tendencias clásicas propias del Renacimiento empezaron a aparecer en Portugal.

Parece, por tanto, que la amistad entre el monarca portugués y Lorenzo de Medici no tuvo consecuencias artísticas, pero sí influyó en el gusto de la princesa Isabel. Carlos V sin duda consideraba el Renacimiento florentino demasiado delicado y mostraba su preferencia por las formas robustas romanas. Sin embargo, más allá del estilo arquitectónico del palacio, la idoneidad de su localización o incluso su autoría, el

⁴⁷ Traducción libre del original en Justi, C. (1891) 1908. *Die Einführung der Renaissance in Granada*.

aspecto del edificio que más debate ha suscitado es sin duda el origen de su traza así como de las influencias artísticas recibidas.

En 1770, la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando estudió publicar una colección de dibujos de El Escorial, entre los que se encontraban algunos grabados de Herrera y dos planos del palacio de Carlos V conocidos como “la planta grande” (fig. 97) y la “pequeña” (fig. 98), que sin embargo no llegó a ver la luz en esa ocasión (Rodríguez Ruiz, 2000). No sería hasta 1912 que la Real Biblioteca recuperaría los planos, suscitando el interés de autores como Elías Tormo (1912, p. 1) y Francisco de Paula Valladar (1912 – 1913, p. 49), quienes documentaron su existencia en sus noticias de *La Época* y *Arte Español*, respectivamente. Así mismo, los Gómez-Moreno los incluyeron en sus notas previstas para la revisión de su *Guía de Granada* (1892), que no vería la luz hasta 1982. La “planta grande” se publica por primera vez en la obra *Arquitectura Civil Española de los siglos I al XVIII* publicada en 1922 por Vicente Lampérez, quien atribuye su autoría a Pedro Machuca. Sin embargo, la primera vez que se publicarían los dos dibujos sería en 1941, año en el que Manuel Gómez-Moreno edita *Las Águilas del Renacimiento español*. En esas mismas fechas, aparece otro dibujo de la planta del palacio en el Archivo Histórico Nacional (fig. 99), que no sería publicado hasta 1963 por el mismo Manuel Gómez-Moreno en su monografía sobre Diego de Siloé (1963, il. CXXXIII), lo cual, según Delfín Rodríguez, es una forma de atribuir su autoría a éste (Rodríguez Ruiz 2000). En cualquier caso estos tres planos, los de la Real Biblioteca y el del Archivo Histórico Nacional, junto con algunas cartas fechadas entre 1527 y 1529, han constituido la base para interpretar el origen del diseño y la traza del palacio.

Aunque Gómez-Moreno y González (1892) señala 1527 como fecha de inicio de los trabajos de construcción, Rosenthal ([1985] 1988) puntualiza que en 1527 comienzan las discusiones sobre el diseño y la ubicación exacta el palacio, siendo en 1533 cuando se inician realmente las obras. En dichas conversaciones intervienen por un lado Pedro Machuca, arquitecto a cargo de las obras, y Luis Hurtado de Mendoza, gobernador de la Alhambra; y por otro lado Luis de Vega, maestro cantero recomendado por su mecenas Francisco de los Cobos, quien fuera secretario y asesor de confianza del Emperador. Prueba de estas conversaciones son las tres cartas y los tres planos que Manuel Gómez-Moreno y González interpreta por primera vez en su *Guía de Granada* (1892), y que Rosenthal analiza de forma exhaustiva concluyendo que, sin lugar a dudas es Machuca el principal artífice de la traza del palacio. Si bien, el emperador

participa de alguna manera en la toma de decisiones a través de Luis de Vega, mediador encargado de asesorar al emperador y de transmitir a Machuca sus deseos y pretensiones. De hecho, de los tres planos, Rosenthal ([1985] 1988) atribuye dos a Pedro Machuca, los conservados en el Palacio Real de Madrid, y, contra lo que apuntaba Gómez-Moreno, atribuye a Luis de Vega el plano conservado en el Archivo Histórico Nacional; siendo posiblemente este último una respuesta de Luis de Vega a una propuesta anterior de Machuca, donde introducía las modificaciones indicadas por el Emperador. En este punto Rosenthal ([1985] 1988) corrige nuevamente a Manuel Gómez-Moreno y Martínez (1892), quien, a su juicio, malinterpreta esta documentación, atribuyendo fechas erróneas a algunas de las cartas y planos. En cualquier caso, aunque difiere en algunos datos, el análisis hecho por Rosenthal no se aleja demasiado del elaborado por Gómez-Moreno con anterioridad, lo cual ha sido posteriormente criticado por algunos autores como Tafuri (1987, 1988) o Sanabria (1987), quienes afirman que, a pesar de que el análisis de Rosenthal es el más riguroso y exhaustivo que existe hasta la fecha, sus interpretaciones son a veces subjetivas y su método, en ocasiones, especulativo. Tafuri (1987, 1988), concretamente, pone en entredicho la interpretación que hace Rosenthal de la naturaleza de las conversaciones y del auténtico origen de la traza final del palacio, sin refutar el rigor de la investigación en cuanto a fechas y otros datos concretos del trabajo. Mientras Rosenthal ([1985] 1988) atribuye a Machuca la mayor parte de la autoría en el proceso proyectual de la traza, Tafuri (1987, 1988) ensalza el protagonismo por parte de las influencias italianas, concretamente de Giulio Romano, y defiende una mayor colaboración entre programador y arquitecto, es decir, entre el Emperador y Machuca, sentando un precedente de una nueva relación entre artista y responsable de la empresa.

Sanabria (1987), sin entrar en discusiones sobre la autoría del palacio, analiza los distintos aspectos artísticos del edificio relacionándolos con influencias italianas aisladas basándose en la premisa de que la arquitectura renacentista no se genera de forma sintética, sino por la suma de distintos componentes. Menciona posibles referencias estilísticas como Bramante, Raphael, Peruzzi o Giulio Romano sin que ninguno de ellos tenga una influencia predominante, por lo que concluye que arquitectónicamente, la situación del palacio en territorio español es accidental.

Aunque Rosenthal señala a Machuca como principal artifice en la concepción del palacio y Tafuri a Giulio Romano, además de los distintos autores que han atribuido el proyecto a otros arquitectos como Siloé o Berruguete, Cammy Brothers (1994, p. 85)

destaca a Luis Hurtado de Mendoza como principal protagonista, quien habría jugado un papel fundamental en el planeamiento de la forma, estilo y programa del edificio dada la relación de su familia con Italia y su participación en la introducción del Renacimiento Italiano en España (Brothers 1994). En 1998 Capitel desarrolla un profundo análisis de la tesis de Tafuri y la atribución del proyecto del palacio a Giulio Romano. Capitel analiza detalladamente esta teoría reforzando la hipótesis de Rosenthal en cuanto a la autoría de Machuca, y llegando sin embargo a la curiosa conclusión de que, de haber diseñado el palacio un arquitecto italiano éste no habría sido Giulio Romano, sino Baldassare Peruzzi. Capital atribuye a Peruzzi dos proyectos con patios redondos columnados, además de destacar su educación en el entorno de Giorgio Martini y Bramante.

Con independencia de las distintas atribuciones a la autoría de los dibujos y la cronología de las cartas, todos los autores parecen coincidir en el carácter proyectual de los dibujos. Sin embargo, más recientemente, Delfín Rodríguez pone de manifiesto las paradojas y lagunas documentales que le hacen replantearse esta cuestión, puesto que, según su parecer, ninguno de los tres planos conservados parecen asumir los deseos de Carlos V en lo referente al “Palacio Nuevo”, sino a la Casa Real Vieja. Sin embargo esos planos sí evolucionan en pequeños detalles constructivos, como el sistema de soportes en la galería porticada del patio, y espaciales como la capilla octogonal. En cualquier caso, el diseño responde a un modelo libre de cualquier referencia al estilo gótico, o al tan característico plateresco español, predominante aun muchos años después en nuestro país. Su estructura es un claro reflejo de las ideas del nuevo estilo “a lo romano”, concebido de una sola vez como traza maestra, al contrario de sus precedentes medievales, que iban aumentándose poco a poco. Este rasgo lo acerca, aún más si cabe a las nuevas tendencias artísticas y muestra una gran capacidad de combinar espacios con un orden racional aportando unidad geométrica y material, así como dando al conjunto un aspecto monolítico (Rosenthal [1985] 1988).

Es probable que durante su estancia en Italia Machuca admirara más la antigüedad romana que los nuevos edificios renacentistas surgidos por aquel entonces, puesto que su conocimiento de los órdenes clásicos es perfecto. Machuca, ya en Granada, se ocupaba desde 1524 de labrar retablos para iglesias y servía de escudero para el Conde de Tendilla, quien lo elegiría para llevar a cabo la empresa promovida por el Emperador.

Gómez-Moreno y González, M. 1892. *Guía de Granada*.

f96. Estado del palacio antes de las obras de rehabilitación en 1923.
Archivo del Patronato de la Alhambra.

f97. Planta grande de la Alhambra de Granada de Pedro Machuca. Real Biblioteca.

f98. Planta pequeña del palacio de Carlos V en la Alhambra de Granada de Pedro Machuca.
Real Biblioteca

f99. Planta del Palacio de Carlos V. Anónimo. Archivo de Historia Nacional.

Documentación gráfica existente

Fruto del interés suscitado por este edificio, que, admirado y rechazado por igual no ha dejado indiferente a nadie, ha llegado hasta nuestros días un gran número de planos y dibujos que conforman una documentación gráfica extensa y elaborada desde el siglo XVI hasta nuestros días. En algunos casos forma parte de una planimetría mayor, y en otros son dibujos exclusivos del palacio realizados con la única intención de documentarlo.

La primera documentación gráfica del palacio junto a la Alhambra la forman los tres planos realizados por Pedro Machuca en 1528. En concreto, “la planta grande” se presenta con la finalidad de integrar y articular la nueva edificación, en una versión no definitiva, con los palacios nazaríes. Mientras que los otros dos planos tienen una intención más bien proyectual, “la planta grande” ofrece un levantamiento probablemente realizado con simples medidas longitudinales sin diagonales para triangular, por lo que posee incorrecciones y errores acumulativos en el dibujo. El plano presenta escala gráfica que se asemeja sustancialmente a la escala 1/200 (Almagro 1993a). Posteriormente aparece *la Plataforma de la Ciudad de Granada* dibujada por Ambrosio de Vico, Maestro Mayor de la catedral entre 1596 y 1610. Se trata de un plano de la ciudad en perspectiva donde el conjunto palaciego de la Alhambra aparece con algunos errores de proporción (López Guzmán et al. 1984).

La primera planimetría que se realiza con criterios científicos data de los años 1766 y 1767, realizada para la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando por José de Hermosilla y sus colaboradores Villanueva y Arnal (fig. 100). A pesar de algunos pequeños errores, esta planimetría es la mejor documentación realizada hasta la de Almagro en 1985, puesto que es bastante fiable y precisa. Destaca el trazado de alzados y secciones que aportan una valiosa información de cotas, niveles y topografía y que no se vuelven a usar hasta tiempos recientes. Casi de forma contemporánea, en 1796, el matemático Francisco Dalmau realiza el Plano general de la ciudad de Granada. Pese a su calidad, no llega a estar al nivel de precisión del plano de Hermosilla.

Durante el siglo XIX aparecen diversas publicaciones de la Alhambra que contienen planos y algunos dibujos. En general se trata de copias relativamente fieles de los planos de Hermosilla y Dalmau. De estos dibujos destaca la obra de Alexandre de

Laborde (1806) *Voyage pittoresque et historique de l'Espagne* y la obra de James Cavanah Murphy *The Arabian Antiquities of Spain* en 1813, donde las plantas del palacio de Carlos V aparecen simplificadas. En 1837 se publica *Souvenirs de Grenade et de l'Alhambra* de Girault de Prangey que contiene planos del conjunto de la Alhambra realizados durante su estancia en la ciudad entre 1832 y 1833, que en general son fruto de su trabajo y no copias.

Entre los años 1837 y 1842 se publica *Plans, Elevations, sections and details of the Alhambra* de Jones y Goury fruto de sus estancias en Granada y según Almagro (1993a) la obra más ambiciosa de documentación antes de los planos realizados por Torres Balbás en el siglo XX. De finales del s. XIX datan otros planos pertenecientes a la familia Contreras que incorporan las restauraciones e investigaciones realizadas hasta el momento.

Ya en el s XX aparece el primer plano del conjunto realizado con técnicas topográficas modernas, la *Planta de la Ciudad de Granada* de la Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico dirigido por Ibáñez de Ibero en 1906. Algo después, entre los años 1923 y 1936, Torres Balbás realiza una de las mayores actuaciones llevadas a cabo en el conjunto de la Alhambra hasta la fecha. Para ello realiza una serie de dibujos y planos bastante precisos configurados de forma minuciosa donde se reflejan con toda claridad las distintas épocas de la construcción así como las reformas y alteraciones sufridas a lo largo del tiempo⁴⁸. En 1948 se realiza un Nuevo plano a escala 1/500 bajo la dirección de Francisco Prieto Moreno, arquitecto y conservador del Patronato, quien también dirigiría el levantamiento del plano conservado en la Oficina Técnica de la Alhambra realizado en 1958 a escala 1/200 que recopila actualizaciones posteriores (fig. 101). Este plano además, ha sido publicado parcialmente por Rosenthal en su obra "El Palacio de Carlos V en Granada" en 1988. El Plan General de Ordenación Urbana de Granada de 1982 contiene un levantamiento fotogramétrico a escala 1/1000, muy similar al realizado por el equipo de Almagro pero más simplificado. En 1985 Almagro dirige el levantamiento de la planimetría más exacta realizada hasta el momento en el Gabinete de Fotogrametría del Ministerio de Cultura, para servir de base al Plan Especial de la Alhambra y Aljares. Estos planos se realizan sobre la base de un vuelo fotogramétrico hecho por el Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército

⁴⁸ Ver *Diarios de obras en la Alhambra* desde 1923 a 1936 (Torres Balbás 1965, 1966, 1967, 1968, 1969)

del Aire, que posteriormente ha sido digitalizado para adaptarlo a cualquier escala. Los últimos planos realizados del palacio son aquellos que sirvieron como documentación para la propuesta del proyecto finalizado en 2007 por el arquitecto Antonio Jiménez Torrecillas, encargado de la adecuación del edificio para convertirse en el Museo de Bellas Artes de Granada (Jiménez Torrecillas 2007).

La documentación más detallada del palacio data de 2015, fecha en que el profesor Bernardino Líndez realiza un análisis de la bóveda anular del patio centrado en analizar los posibles métodos constructivos referentes al cimbrado y al proceso de materialización de la bóveda. Sin embargo, el levantamiento es hipotético y no entra a valorar cuestiones estereotómicas, por lo tanto hasta la fecha no existe documentación gráfica pormenorizada y detallada destinada a anizar geométrica y formalmente las bóvedas y las piezas de cantería del edificio.

El palacio de Carlos V constituye uno de los ejemplares arquitectónicos donde las técnicas de cantería del s. XVI en España quedan más claramente reflejadas, así como la pericia de los maestros canteros implicados en su construcción. En el interior del edificio encontramos piezas de geometrías complejas, y en algunos casos pioneras dada la fecha de su construcción. No hay que olvidar que el palacio se considera el primer gran edificio renacentista de la Península. Encontramos además formas y superficies de distinta naturaleza geométrica que forman un amplio abanico de piezas de cantería digno de ser estudiado en profundidad, dada la diversidad de soluciones adoptadas para su construcción.

Las piezas objeto de estudio son:

- La cripta octogonal (Pedro Machuca, 1538 – 1542)
- La sala junto a la cripta Pedro Machuca, 1538 – 1542)
- La bóveda anular del patio (Luis Machuca, 1562 – 1567)
- La bóveda de lunetos del zaguán occidental (Juan de Minjares, 1592 - 1594)
- Los pasos de acceso al patio en el zaguán occidental (Luis Machuca – Juan de Minjares, 1560 – 1590)
- La bóveda de lunetos del zaguán meridional (Francisco de Potes, 1619 – 1644)
- La bóveda oval del zaguán oriental (Francisco Prieto Moreno, 1951 - 1956)

3.3.1. La cripta bajo la capilla

Independientemente de los debates suscitados en torno a los planos mencionados anteriormente, los dos conservados en la Real Biblioteca y el del Archivo Histórico Nacional, destaca el hecho de que aparece una estancia octogonal situada en la esquina noreste del palacio, que tradicionalmente se identifica con una capilla. Se trata de un espacio con bastante entidad dentro de la planta del palacio, seguramente por deseo expreso del Emperador.

Por aquel tiempo, los palacios no tenían más que un sencillo oratorio, por lo que la existencia de una capilla en la que se celebraba misa otorgaba una gran categoría al palacio y su dueño.⁴⁹

Rosenthal, E.E. (1985) 1988. *El Palacio de Carlos V en Granada*.

La elección de su ubicación es significativa por varios motivos. Por un lado, desde el punto de vista funcional, la capilla marca la diagonal suroeste-noreste, dividiendo el palacio en dos partes y quedando cada una de ellas para la corte del Emperador y para el séquito de Isabel de Portugal respectivamente, de manera que ambas se comunican únicamente por el dormitorio conyugal, dispuesto en el ángulo suroeste, y la capilla, bajo la cual se dispone la cripta que nos ocupa (Rosenthal [1985] 1988). Por otro lado, podemos decir, además, que este espacio octogonal se convierte en charnela o punto de articulación entre el palacio renacentista y el nazarí. Es decir, la situación de la capilla supone un gran ejercicio de composición arquitectónica al quedar integrada y comunicada directamente con el palacio árabe a través del patio de Arrayanes. Esta integración se traslada al ámbito geométrico gracias a la mencionada diagonal, cuya prolongación se coincide con la bisectriz de los dos ejes principales de los palacios de Comares y Leones, facilitando el diálogo entre la nueva obra renacentista y la preexistencia nazarí.

Su construcción quedó incompleta en el siglo XVI, sus muros llegaban hasta la rasante del palacio, sobre lo cual se había de levantar otro cuerpo para ser finalmente cubierto por una cúpula que se alzaría sobre todos los edificios de la Alhambra (Gómez-Moreno

⁴⁹ Cita original en Rosenthal, E. E., 1985. *The Palace of Charles V in Granada*.

y González 1892). La planta de la capilla queda definida por un octógono de diagonal 14,45 metros, cerca de 50 pies. Justo en el nivel inferior, a la altura de los sótanos y siguiendo la planta octogonal de ésta así como sus dimensiones, se encuentra la cripta. Se desconoce la función de esta cámara enterrada, puesto que en algunos documentos aparece identificada como la capilla, pero no hay en ella característica alguna que indique que estaba destinada al culto o a fines funerarios. Este espacio es accesible desde el patio de Comares, así como desde el patio central del palacio, y se cubre con una gran bóveda rebajada de lunetos que arranca desde el suelo hasta alcanzar la altura de algo más de 4,5 metros en la clave, y cuya construcción data de 1538 cuando Pedro Machuca dirigía las obras (Rosenthal [1985] 1988). En cada uno de los ocho lados de la bóveda se abre un gran luneto apuntado que enmarca un vano rectangular y da paso a un nicho o pequeña capilla cubierta con bóveda de cañón, coincidiendo con los nichos de la capilla octogonal situada encima (fig. 102).

Los muros quedaron terminados ya en 1538; ese año se realizan pagos para piezas de piedra denominadas como esquinas, rincones, dovelas y cuadradas, que se identifican como destinadas a la bóveda de la capilla. Mientras que en el verano de ese año se realizan cimbras, la ejecución de la bóveda debió finalizar en 1542, pues en ese año se retunden las superficies (Rosenthal [1985] 1988).

En documentos fechados durante el verano de 1538, junto a las referencias a pagos por carretadas de piedra de Alfacar "para los cimientos", aparecen ocasionalmente mezcladas otras a pagos por sillares identificados como "esquinas, rincones, dovelas y cuadradas", incluso en una ocasión, el 15 de julio de 1538, se indicaba específicamente que el destino de este tipo de piezas era la bóveda de la capilla, con lo que se referían a su cámara inferior.⁵⁰

Rosenthal, E.E. (1985) 1988. *El Palacio de Carlos V en Granada*.

La piedra labrada en este caso se distingue fácilmente del resto de bloques más sencillos utilizados en el resto de los sótanos. La planta octogonal y la curva rebajada de la bóveda requieren un despiezo complejo y por ende, un gran dominio en la técnica de la cantería. Se convierte esta bóveda, por tanto, en uno de los mejores ejemplos de estereotomía española en el siglo XVI, arte que precisamente los italianos dominaban poco, acostumbrados al ladrillo.

⁵⁰ Cita original en Rosenthal, E. E., 1985. *The Palace of Charles V in Granada*.

Por otra parte, se ha escrito mucho sobre la gran carga simbólica que implica la combinación de las dos formas geométricas perfectas, el círculo y el cuadrado, a la que debemos sumar la forma octogonal. El octógono es un conocido símbolo cristiano del mundo eterno y de la Jerusalén celestial desde el siglo III, considerado símbolo del cosmos en el Mediterráneo occidental. La planta octogonal cubierta con una cúpula, como se proyectó la capilla, viene de una tradición imperial, como por ejemplo el octógono en el palacio de Diocleciano en Spalato, la iglesia de San Vital en Ravena, la iglesia de los Santos Sergio y Baco en Estambul o la capilla de Aquisgrán. La combinación de los tres símbolos no tuvo lugar por primera vez en el palacio de Granada, sin embargo con posterioridad se encontrará el octógono en unión de la antigua combinación de cuadrado y de círculo (Brentjes 1987).

Antecedentes constructivos

La cúpula octogonal de la cripta de la capilla del Palacio de Carlos V en Granada está penetrada por lunetos [...] aparentemente los primeros lunetos aparejados de la arquitectura de los tiempos modernos. [...] A favor de los franceses sólo se puede decir que el luneto español presenta durante todo el siglo XVI un trazado delgado y agudo que no es comparable al trazado amplio de los lunetos de Le Mercier.⁵¹

Pérouse de Montclos, J. M. 1982. *L'Architecture a la française*.

Aunque es a partir del siglo XVI cuando más profundamente se analiza esta cuestión, la apertura de huecos en bóvedas no es un problema plenamente renacentista. Ya en el románico ibérico y francés, se resuelve esta cuestión mediante la intersección de dos cilindros de ejes horizontales y perpendiculares, el de mayor diámetro es la bóveda, mientras que el menor sirve para materializar el hueco, con forma de arco de medio punto. La curva de intersección, denominada "luneto cilíndrico recto" en los textos de Geometría Descriptiva posteriores, es una curva de cuarto grado. Resulta interesante comprobar que en la colegiata de Toro encontramos el problema resuelto de dos maneras diferentes. Existe por un lado un arco aparejado con independencia de la bóveda, de manera que sus dovelas muestran sus testas en el paramento del cañón. Esta solución, basada en la independencia de arco y bóveda y denominada

⁵¹ Traducción libre del original en Pérouse de Montclos, J. M., 1982. *L'Architecture a la française*.

“pénétration extradossée” (Pérouse de Montclos 1982, 112-14), es relativamente frecuente en el románico francés. Por otro lado, en un arco simétrico de éste, las hiladas del arco y la bóveda coinciden de forma que las juntas de intradós de la bóveda se quiebran al llegar a la arista común entre bóveda y arco, y continúan como lechos horizontales en el intradós del arco (fig. 103). Esta última solución que denomina “pénétration filée” (Pérouse de Montclos 1982, 112-14), es más sofisticada que la anterior, y de hecho se emplea con frecuencia en la arquitectura francesa de la Edad Moderna. Ahora bien, lo que no señala Pérouse de Montclos es que la solución propuesta para lograr el acuerdo entre el arco y la bóveda pasa casi siempre por falsear el reparto de una de estas superficies, por lo general la bóveda, que permite disimular el expediente (Frézier 1737, 3: 37-43).

Con la llegada del gótico este problema apenas se aborda, puesto que raras veces se emplea la bóveda de cañón. Además, como sabemos, en este periodo se sustituyen los valores de masa del románico por los lineales. En los primeros compases del Renacimiento, el luneto reaparece en España en el palacio de la Calahorra (fig. 104). Dos detalles dejan bien claro que se trata de una importación italiana directa, derivada de ejemplos como los palacios Pitti, Strozzi, Gondi y Ruccellai en Florencia, el palacio Venezia de Roma, el Piccolomini de Pienza, el ducal de Urbino, la Villa Medicea de Poggio a Caiano, o la capilla Sixtina. Los lunetos de La Calahorra se materializan en ladrillo y no se resuelven por intersección de cilindros, como en la tradición románica, sino cortando la bóveda por planos verticales, lo que da en teoría curvas de intersección de trazado elíptico. Esto no quiere decir necesariamente que los albañiles que los ejecutaron conozcan esta figura, pues en Italia es frecuente realizar la bóveda de cañón completa y después romperla para abrir el hueco (Calvo 2000).

Frente a la solución de La Calahorra, los lunetos de la cripta de Granada cortan la bóveda por planos verticales, como veremos, pero se materializan en piedra de cantería. Esto es lo que llevó a Pérouse de Montclos a señalar su primacía en el tiempo.

A favor de los franceses sólo se puede decir que el luneto español presenta durante todo el siglo XVI un trazado delgado y agudo que no es comparable al trazado amplio de los lunetos de Le Mercier.⁵²

Pérouse de Montclos, 1982. *L'Architecture a la française*

⁵² Traducción libre del original en Pérouse de Montclos, J. M., 1982. *L'Architecture a la française*.

f102. Cripta del Palacio de Carlos V.
Patronato de la Alhambra y Generalife.
Pepe Marín. 2015

f103. Lunetos en la catedral de Toro.

f104. Lunetos en el castillo de la Calahorra.

Lo cierto es que durante los siglos XVI y XVII se emplean en España las dos soluciones a las que hace referencia Pérouse de Montclos. Por un lado, es cierto que el luneto “delgado y agudo”, que recibe el nombre de “luneto apuntado y capitalizado”, se construye con notable frecuencia durante ese periodo. Sin embargo, aunque el luneto amplio, basado en intersección de cilindros, es menos frecuente, se encuentra construido en obras españolas muy anteriores a la época de Le Mercier, como la cripta y la sacristía de catedral de Jaén, el hospital de Santiago en Úbeda y el zaguán occidental del propio palacio de Carlos V.

Los lunetos apuntados pueden considerarse como una solución intermedia entre la idea románica de superficies generadoras y la gótica de curvas directrices. En lugar de hallar la intersección dos cilindros, más difícil de trazar, se emplea la intersección del cilindro con dos planos verticales oblicuos a su eje, pero simétricos respecto al hueco que se pretende abrir. Estas intersecciones serán arcos de elipse, y su proyección en planta son rectas, lo cual facilita la traza a tamaño real en el suelo para controlar la realización del luneto. Sin embargo, aunque el Renacimiento español recoge la solución, como otras muchas técnicas de origen italiano, se emplea en su construcción la piedra tanto o más que el ladrillo. Se plantea aquí una cuestión que ya estaba presente en los ejemplos italianos: la sección del cilindro de la bóveda da lugar a dos elipses que se cortan en ángulo; la proyección de estas elipses sobre un plano vertical que pasa por la imposta de la bóveda de cañón da lugar a un arco apuntado, forma característica del Gótico y alejada de los ideales clásicos. Por tanto es habitual encontrar arcos de medio punto en lugar del arco apuntado, de manera que la clave del hueco abierto estará más baja que el vértice del luneto, generando un rampante apreciable en la bóveda secundaria, y que recibe el nombre de “luneto apuntado capitalizado”. Esta solución presenta un problema, y es que no existe continuidad de trazado en las hiladas del luneto y la bóveda, por lo que normalmente hay que elegir la regularidad del trazado en uno de los dos elementos.

Los lunetos de la cripta del palacio de Carlos V, construida entre los años 1538 y 1542 (Rosenthal [1985] 1988) presentan una disposición poco común que podríamos llamar “lunetos dentro de lunetos”, pues los huecos no se abren en una bóveda de cañón sino en una bóveda octogonal cuyos gajos son también triángulos en planta, todo lo cual acredita un dominio muy temprano de este elemento constructivo, que se generalizará con la construcción del monasterio del Escorial, donde se abren en bóvedas de cañón y reciben el nombre de “luneta” (Bustamante García 1994, 237-38).

En cambio, el luneto amplio aparece casi simultáneamente en España y en Italia como alternativa al luneto apuntado a mediados del siglo XVI, con ejemplos tempranos en la cripta de la catedral de Jaén de Andrés de Vandelvira (1551-1570), y en obras palladianas como la villa Montagnana en Pisani (1552-1555) y la iglesia del Redentore (1577-1586). La pieza consiste en la disposición de un cilindro de diámetro menor que la bóveda de cañón que se encuentran en una curva alabeada, coincidiendo a grandes rasgos con la solución románica de Toro. Se traza el luneto como una superficie cilíndrica sencilla que dará lugar a una curva compleja, alabeada y de cuarto grado, en la intersección con la bóveda de cañón (Calvo 2000). Durante el siglo XVI estas piezas, junto con los arcos abiertos en taludes, reciben el nombre genérico de arcos avanzados; concretamente “Arco avanzado en cercha” según Alonso de Vandelvira (c. 1585, f. 23r) y “Arco avanzado en bóveda” para Ginés Martínez de Aranda (c. 1600, pl. 49). Sin embargo, por influencia francesa, esta figura se conoce desde el siglo XVIII como “luneto” (Rovira y Rabasa 1897, 84-85). Encontramos un claro ejemplo en el zaguán del palacio de Carlos V donde se observa cómo el reparto del dovelaje de los lunetos se adapta con destreza al de la bóveda, lo cual se corresponde con la solución “*pénétration filée*” de Pérouse de Montclos (1982). Es decir, el palacio de Carlos V no sólo alberga los lunetos apuntados de la cripta, pioneros en su construcción, sino que ofrece al mismo tiempo en su zaguán occidental un claro antecedente de los elegantes lunetos franceses del siglo XVII.

Levantamiento y análisis

Los levantamientos se han realizado encaminados fundamentalmente a determinar la configuración geométrica de los lunetos. Esto es, conocer el despiezo de los elementos que forman la pieza de cantería. Se han tomado 57 imágenes convergentes, localizando en su mayoría los puntos que configuran las hiladas horizontales de la bóveda. Como resultado hemos obtenido una nube de aproximadamente 3224 puntos. Tras el tratamiento con los programas informáticos adecuados, el resultado final consiste en planos y secciones obtenidos del modelo tridimensional de la pieza. El error máximo es, según Photomodeler, 0.013 metros, es decir, 13 milímetros aproximadamente, lo cual puede considerarse irrelevante dado que el grosor medio de las juntas entre dovelas es de 2cm. Por último es importante destacar que la pureza de su construcción y la falta de decoración y ornamento han hecho el proceso de

levantamiento más fácil, ya que cada dovela, esquina, junta y punto relevante de la bóveda puede ser perfectamente reconocida. Además, es necesario especificar que el levantamiento se ha llevado a cabo para obtener una representación gráfica rigurosa, no ideal. Es decir, la bóveda se representa con las irregularidades por tolerancias de ejecución, deformaciones mecánicas y el deterioro de piedra durante los siglos.

Se ha procedido a un levantamiento general de la cripta, mientras que el gajo suroeste ha sido levantado y analizado en detalle obteniendo para este sector del octógono las coordenadas de todos los vértices visibles de las dovelas, que se han unido para definir el trazado de las juntas de intradós. El levantamiento ha permitido confirmar algunos detalles significativos de la bóveda. Ha resultado especialmente interesante analizar la geometría de la bóveda en su conjunto. Como ya se ha mencionado anteriormente, esta bóveda presenta un caso muy particular de lunetos, puesto que no se abren en una bóveda de cañón, sino en una bóveda rebajada de planta octogonal, por lo que cada luneto se abre en cada uno de los “gajos” del octógono, que pueden considerarse, a su vez, como un caso concreto de luneto. Cada uno de estos “gajos”, que constituyen un sector del octógono, pueden ser también definidos como “lunetos apuntados”, puesto que quedan generados por la intersección de una bóveda con dos planos verticales oblicuos, cuya planta dibuja un triángulo formado por la imposta de la bóveda y las proyecciones del luneto (fig. 105). Sin embargo, observamos que estos “gajos” no son lunetos al uso, puesto que al analizar las secciones transversales y diagonales de la bóveda completa obtenidas tras el levantamiento, encontramos que el perfil de esta bóveda rebajada, dada por el plano perpendicular a su imposta, se aproxima notablemente a la definición dada por Ana López Mozo (2009, 2011) de un óvalo de tres centros, es decir, se trata de una “curva formada por tres arcos de circunferencia tangentes entre sí, condición que sólo requiere para su cumplimiento que los centros de los dos arcos consecutivos y el punto de tangencia estén alineados según una recta”. Es más, el punto de tangencia entre arcos que marca el cambio de curvatura en el óvalo viene a coincidir en sección con el vértice de los lunetos. Por tanto, si la sección de la bóveda es un óvalo formado por distintos arcos de circunferencia, estos gajos se desarrollan en una superficie formada por cilindros con distintos radios, por lo que las aristas entre estos *gajos* octogonales dadas por la intersección de la bóveda con planos verticales oblicuos dará lugar a arcos de elipse con distinta curvatura según el tramo de la bóveda (fig. 106).

f105. Cripta del palacio de Carlos V. Planta

f106. Cripta del palacio de Carlos V. Sección.

Uno de los datos obtenidos más significativo es que los lunetos son, efectivamente, un claro ejemplo de los lunetos apuntados “delgados y agudos” que Pérouse de Montclos diferenciaba de los lunetos cilíndricos de Le Mercier, desarrollados en España durante el siglo XVI. Sin embargo, la construcción del luneto apuntado no se analiza de forma rigurosa en los textos de cantería del siglo XVI, hasta que aparece en el tratado de Fray Lorenzo de San Nicolás (1637, p. 104) (fig. 107), quien además de estudiarla, construye la pieza en la iglesia de Novés; y posteriormente en el *Cuaderno de Arquitectura* (1708, f. 47) de Juan de Portor y Castro (Díaz Fernández 1996, Calvo 2000, Díaz Moreno 2004, Carvajal Alcaide 2011a) (fig. 108).

Como se puede apreciar en los resultados obtenidos del levantamiento, los lunetos se proyectan en planta como líneas rectas, por lo que podemos afirmar que hablamos de arcos de elipse generados por la intersección de la superficie cilíndrica de la bóveda con dos planos verticales oblicuos a su eje. Es más, el análisis geométrico de su construcción pone de manifiesto numerosas coincidencias con los tratados posteriores al siglo XVI que tratan este asunto, como el de Fray Lorenzo o Juan de Portor. Es importante destacar que tanto en los tratados, como en las obras construidas que contienen lunetos apuntados, el hueco abierto sobre la imposta es un arco de medio punto, y no el arco apuntado que generaría la proyección del luneto sobre el plano de la imposta, como en la cripta del palacio. Nos encontramos aquí ante una solución elegante y natural puesto que los arcos apuntados, al coincidir con la proyección ortogonal de las lunetas apuntadas, dan lugar a una bóveda secundaria mucho más sencilla que la superficie alabeada generada por el “capialzado” (fig. 109).

En el manuscrito de Fray Laurencio, éste propone dividir la sección de la bóveda cilíndrica en tres partes, situando ahí el vértice del luneto, de manera que en planta se corresponderá con el punto medio del radio de la bóveda. Dicho punto será, además, el vértice del triángulo que forma la proyección del luneto en planta con la imposta de la bóveda. Otro rasgo importante es la apertura del luneto, es decir, el ángulo que forman los planos verticales que generan la intersección, para el que Fray Laurencio recomienda 90° . Es decir, el luneto se proyecta en planta como un triángulo isósceles rectángulo, de manera que forma un ángulo de 90° mientras que los dos catetos formarán ángulos de 45° con la hipotenusa, es decir, la imposta de la bóveda.

f107. Luneto apuntado. Fray Lorenzo de San Nicolás (1637, p. 104).

f108. Luneto apuntado. Juan de Portor y Castro (1708, f. 47).

f109. Lunetos apuntados de la cripta. Planta, sección y alzado.

Curiosamente, los lunetos de la cripta encajan perfectamente con esta descripción excepto en un detalle: la situación del vértice del luneto. En la cripta el luneto se proyecta en planta como un triángulo rectángulo cuyos catetos se sitúan a 45° de la imposta; sin embargo, el vértice del luneto no queda situado en el tercio de la sección de la bóveda, sino algo más arriba. Por tanto la proyección del vértice en planta se situará más alejada de la imposta, y no en el punto medio del radio como en el caso de Fray Laurencio.

Pero, si profundizamos algo más en esta cuestión observamos que, además, en el texto de Fray Laurencio, al situarse el vértice en el punto medio del radio de la bóveda, el ancho del hueco es igual al radio. En cambio, en los lunetos de la cripta, al situarse el vértice más alejado, el hueco de los lunetos es más ancho. Al analizar la métrica de la figura observamos que el hueco del luneto mide 4,33 metros, lo cual se corresponde aproximadamente con lo que serían 15 pies castellanos, quedando el vértice del luneto a 7,5 pies de la imposta de la bóveda. Por tanto, mientras que Fray Laurencio recurre a la sección de la bóveda para situar el vértice del luneto en el tercio de la misma, haciéndolo coincidir en planta con la mitad del radio y originar un hueco igual al radio, en la cripta se recurre a la métrica para trazar las dimensiones del luneto, fijando el ancho del hueco como dato que condiciona el resto de variables, como la situación del vértice. No hay que olvidar, no obstante, que el vértice del luneto queda situado justo en el punto de tangencia de la sección oval de la bóveda, dato que nos da la relación entre luneto y bóveda, sirviendo de base para la configuración geométrica del conjunto (Salcedo y Calvo 2016b).

La ventaja de esta disposición a 90° es que las proyecciones de los dos arcos de elipses que forman el luneto son dos arcos de círculo, tanto sobre el plano vertical que pasa por la imposta de la bóveda, como sobre el plano perpendicular al eje de la bóveda, puesto que el plano en el que se disponen las elipses que forma 45° con la imposta, es el plano bisector del ángulo formado por ambos planos, el perpendicular al eje de la bóveda y el que pasa por la imposta de ésta. Por tanto, la proyección de una elipse sobre el plano vertical que pasa por la imposta será simétrica a su proyección sobre el plano perpendicular al eje, y como ésta coincide con la sección recta de la bóveda, vendrá dada por un arco de círculo igual a la sección de la bóveda cilíndrica. Dado que tenemos dos aristas, sus proyecciones sobre el plano vertical que pasa por la imposta tomarán la forma de un arco apuntado, y además la clave de este arco quedará a la misma altura que el vértice del luneto, lo que evita el capitalizado de

las lunetas escurialenses y permite que las juntas de intradós del luneto sean horizontales y paralelas.

Una vez analizado el tratado de Fray Laurencio, resulta interesante comprobar la solución de la cripta con la que propone el Cuaderno de Arquitectura de Juan de Portor y Castro, de 1708, quien resuelve el trazado de la pieza construida en piedra, optando por una distribución regular de hiladas en el luneto, que condiciona el reparto de juntas en la bóveda con un resultado irregular, pero asegurando que las juntas de lecho de luneto y bóveda se cortan en la intersección de ambas superficies, y dando lugar a la disposición que Pérouse denomina “pénétration filée”. En el caso de la cripta del palacio de Carlos V se cumple inevitablemente la premisa del aparejo continuo del conjunto completo, de manera que las hiladas de ambos, luneto y bóveda, quedan ininterrumpidas y coinciden rigurosamente en la intersección de las superficies sin presentar problemas de irregularidad, y sin necesidad de optar por la regularidad en la bóveda o en luneto, puesto que, como se ha mencionado anteriormente, se trata de un luneto apuntado cuyo hueco viene definido por un arco apuntado que coincide con la proyección del luneto, y no por un arco de medio punto que habría dado lugar a lunetos apuntados y capialzados.

Conclusiones

El levantamiento muestra un claro proceso constructivo organizado en hiladas horizontales que no sólo configuran la bóveda ochavada, sino que se continúan en las bóvedas secundarias, es decir, en el intradós de los huecos abiertos por los lunetos, así como en las capillas de planta rectangular que hay tras ellos. Esta continuidad es llamativa puesto que muestra un gran dominio de las técnicas de traza y labra, si bien cabe tener en cuenta la posibilidad de que las dovelas del encuentro entre luneto y bóveda fueran talladas in situ una vez colocadas. Además, los lunetos apuntados de la cripta poseen la ventaja de corresponderse con el hueco abierto en la bóveda, que en este caso es un arco apuntado, y no un arco de medio punto, práctica muy habitual en el siglo XVI para evitar los rasgos góticos. Los lunetos apuntados con huecos dados por arcos de medio punto requieren el trazado de una superficie alabeada, lo cual habría supuesto una discontinuidad entre luneto y bóveda que dificultaría la correspondencia de aparejo entre ambos. Podemos decir, por tanto, que nos encontramos ante formas tradicionalmente medievales materializadas con técnicas de

construcción renacentistas, al contrario de lo que suele ocurrir en el Renacimiento español.

Los antecedentes de esta figura los encontramos en el Quattrocento italiano, en un número significativo de palacios; aparece asociada a bóvedas de cañón y siempre están contruidos en ladrillo, excepto en la Capilla Sixtina, materializada en hormigón de tradición romana. Por tanto podemos asumir que efectivamente, el modelo es importado de Italia donde, sin embargo, se resuelve fundamentalmente en albañilería. En España, en cambio, se materializa en cantería, y aunque se construye con frecuencia, el trazado de estos elementos no aparece recogido hasta los textos del siglo XVII; al contrario que el “Arco avanzado”, figura que aparece con detalle en los tratados de Alonso de Vandelvira y Ginés Martínez de Aranda.

Sabemos que el trazado apuntado tan cercano a las formas góticas no es bien recibido durante el Renacimiento, y quizá influyera para no ser considerado en los tratados. De hecho los lunetos de la cripta son de los pocos ejemplares contruidos con arcos apuntados y no capialzados, como se han desarrollado en la mayoría de las construcciones del siglo XVI, principalmente en El Escorial, lo cual refuerza el carácter pionero de los lunetos de la cripta. Sin embargo, la luneta capialzada presenta un problema, y es que aunque la arista de encuentro, al tratarse de una elipse, es más sencilla de trazar que la curva alabeada del “Arco avanzado”, el capialzado o bóveda secundaria es más compleja, constituyéndola una superficie reglada alabeada. Es posible que la aparición de esa superficie extraña sea la razón por la que esta solución se haya desestimado para resolver encuentros de bóvedas en los que la secundaria tenga mayor desarrollo en longitud, y no haya gozado de más entidad en los tratados renacentistas.

La relación entre los lunetos de la cripta ejecutados en cantería frente a la tradición italiana, y los del monasterio del Escorial es innegable. En este último, de hecho, cuando se trata de abrir huecos en las bóvedas la preferencia es claramente la solución de lunetos apuntados capialzados o lunetas frente a la de arcos avanzados, todos ellos contruidos en cantería, como por ejemplo en los sótanos, en la iglesia o en la entrada principal (fig. 110). Por tanto, podemos considerar los lunetos de la cripta como un antecedente directo de los lunetos del Escorial, si bien no siguen exactamente la misma solución puesto que estos últimos, como sabemos, son lunetos apuntados y

capialzados que no pueden seguir la configuración de juntas horizontales que se da en la cripta de Granada.

En la cripta del palacio de Carlos V se produce una singularidad, y es que encontramos en el mismo espacio distintas figuras geométricas en su construcción: la circunferencia en la sección de los lunetos, la elipse que configura la arista de los lunetos y la arista entre gajos, y el óvalo que define la sección de la bóveda en su conjunto. Si bien el círculo era una figura de sobra conocida, en el siglo XVI elipse y óvalo se usaban con frecuencia en la práctica constructiva pero eran casi desconocidas a nivel teórico. Es decir, en el siglo XVI ambas figuras eran empleadas, aunque en el ámbito de la construcción arquitectónica no se usaba el término elipse y no se relacionaba su generación con uno de los tipos de sección plana de un cono. En cuanto al óvalo, los tratados renacentistas a menudo se refieren a él como “arco rebajado” o “carpanel”. De hecho, en el ámbito de la construcción arquitectónica no se usaba el término elipse y se empleaba el adjetivo oval para referirse a figuras elípticas. Al comparar el óvalo de la cripta con los óvalos contenidos en la tratadística, éste no parece responder a ninguna razón geométrica ni a trazados previos contenidos en los textos. En cualquier caso, destaca notablemente el gran dominio de estas figuras que quedan bien diferenciadas en la ejecución de la bóveda. Nuevamente encontramos aquí un posible referente que pudo influir en la construcción de El Escorial, puesto que, aunque la bóveda cilíndrica es la tipología más frecuente, las secciones ovales son una constante en el monasterio (López Mozo 2009, 265-292; López Mozo 2011).

Podemos concluir, por tanto, que nos encontramos ante una pieza singular que muestra un gran conocimiento de los procesos geométricos de trazado y dominio de las técnicas de cantería a pesar de su temprana construcción. Sorprende así mismo la precisión de su ejecución adaptando modelos italianos de albañilería a nuevos métodos constructivos más desarrollados en la península como la cantería de piedra, y manejando figuras geométricas cuyo trazado era novedoso en el siglo XVI como el óvalo y la elipse. Por tanto, como dice Gómez- Moreno ([1941] 1983, 99), en el siglo XVI Granada es sin duda un gran laboratorio renacentista, que centra en el palacio de Carlos V algunos de sus ensayos más notables, como la cripta bajo la capilla, lo cual lo sitúa como un importante punto de partida en la introducción de las técnicas y formas renacentistas en España.

f110. Lunetos apuntados en el pórtico principal del monasterio de El Escorial.
Fotografía y levantamientos por Ana López Mozo.
En *Bóvedas de piedra del Monasterio de El Escorial*. p. 308. (2009)

3.3.2. La bóveda anular del patio

Estos ingresos desembocan en el patio, una de las más estupendas y grandiosas creaciones del Renacimiento español (...) calificada de *obra dificultosísima y de grande ingenio* por Fr. Lorenzo de San Nicolás.

Gómez-Moreno y González, M. 1892. *Guía de Granada*.

En 1550, al morir Pedro Machuca, le sucede su hijo Luis al frente de las obras del palacio, siguiendo en términos generales las trazas y modelo de su padre. Entre otras cosas llevó a cabo la construcción del pórtico circular interior del patio, entre los años 1557 y 1568, mientras que la construcción de la bóveda data de 1562 a 1567, fecha en que se labra la piedra destinada a su construcción.

Parece que la piedra para la bóveda anular también había sido especificada y encargada, pues entre septiembre de 1562 y julio de 1567 se libraron sillares de piedra caliza en forma de cuña, que aparecen identificados en los registros como *dovelas para la bóveda*.⁵³

Rosenthal, E. E. (1985) 1988. *El Palacio de Carlos V en Granada*.

En virtud de la documentación que ha llegado hasta nuestros días, parece que la idea del esquema concéntrico con el patio circular central siempre estuvo presente. Ya en 1540 Pedro Machuca deja preparadas las zanjas circulares de grava para la cimentación de la columnata y el muro del corredor (Rosenthal 1985). Desde ese momento hasta que en 1553 su hijo Luis ordena el labrado de las columnas de la galería no existen documentos que hagan referencia a su construcción. En cuanto al diseño, sin embargo, la materialización de esta idea no estuvo exenta de debate, como por ejemplo la polémica suscitada en torno a la construcción de la galería porticada. El plano conservado en el Archivo Histórico Nacional representa pilastras con semicolumnas embargo, en 1539 se sustituyen la arcada sobre pilares cuadrados con medias columnas adosadas por una columnata exenta que soporta un dintel curvo, un sistema de soporte que ya había sido propuesto en la traza de 1527. Además de quedar reflejado en los planos anteriormente mencionados, también se refiere a este

⁵³ Cita original en Rosenthal, E. E., 1985. *The Palace of Charles V in Granada*.

cambio Juan de Maeda en un informe sobre el palacio, fechado en 1576, donde advierte de su preocupación ante la extrema delgadez del muro circular perimetral y la dificultad de construir una bóveda en el piso superior, por lo que traslada sus temores al entorno de la corte, y aconseja que se consulte a Andrés de Vandelvira o Rodrigo Gil de Hontañón (Rosenthal [1985] 1988, p. 31-32, 123, 304; Rodríguez Ruiz 2001).

La estabilidad del sistema de apoyo propuesto preocupó seguramente a los consejeros castellanos que, en 1527, habían rechazado primero el proyecto de la columnata ligera presentado por Machuca, la cual está representada en el *Plano grande* del palacio Real, y posteriormente la propuesta de arcadas sobre los pilares, representados en el *Plano pequeño*, fechado en 1531 por Rosenthal. En su lugar, los consejeros exigieron el uso de unos pilares más robustos con medias columnas adosadas del mismo tipo de los que ya se habían indicado en el plano del Archivo, en el proyecto final y en la maqueta, realizados ambos en 1532 (Rosenthal [1985] 1988). El recelo con respecto a la columnata original sugiere que los consejeros castellanos pensaron desde el primer momento en una bóveda de cantería, y que la preocupación por el empuje de ésta contra el sistema de apoyo fue lo que los llevó a insistir en el uso de grandes pilares cuadrados con medias columnas adosadas. Fruto de estas preocupaciones sería probablemente el informe encargado a Juan de Maeda anteriormente mencionado.

Rosenthal menciona la gran variedad en la geometría de los distintos sillares y los diferentes tipos de aparejo que aparecen en los sucesivos tramos de la bóveda, lo cual, a juicio del propio Rosenthal, puede ser indicio de cierta improvisación, al no tener los canteros un modelo previo ni una traza establecida que repetir sucesivamente. Destaca igualmente el hecho de que las columnas dóricas de la galería son más altas que el entablamento dórico que corona el muro del corredor y sobre el que apoya la bóveda en su lado más externo (fig. 111). Todas estas circunstancias parecen, a priori, haber sido causantes de la forma asimétrica de la bóveda anular, fruto seguramente de una serie de soluciones que se fueron dando sobre la marcha a los peculiares problemas estructurales que planteaba una bóveda de piedra apoyada, por un lado, en una columnata muy espaciada, y, por el otro, en un muro que no sobrepasaba los 56 centímetros de grosor (fig. 112).

f111. Patio del palacio de Carlos V. Granada

f112. Bóveda anular del palacio de Carlos V. Granada

Otra de las cuestiones que ha quedado en el aire es si, como sugiere Rosenthal, la bóveda estaba pensada para construirse en piedra y ser enlucida con frescos a la manera italiana. Según este, siguiendo la opinión de Juan de Maeda, la cantería es la menos probable de todas las posibles técnicas propuestas por Machuca. Cuando en 1576 se le consulta acerca de la cubierta de la columnata superior opina Juan de Maeda que los Machuca habían proyectado y construido unos muros demasiado delgados, y de haber tenido la intención de construir bóvedas de piedra hubieran utilizado muros más gruesos. Por otro lado Rosenthal basa su teoría de la bóveda pintada en los antecedentes italianos de bóvedas anulares, las cuales estaban totalmente pintadas al fresco ocultando el material utilizado en la construcción. El uso de una toba muy porosa y el hecho de que se vean las marcas de los canteros en las caras expuestas de los sillares, le sugiere que los Machuca pensaban recubrir la bóveda con pinturas al fresco, incluso quizá imprimirle efectos ópticos para hacer que el perfil rebajado de la bóveda pareciera una semicircunferencia.

Antecedentes constructivos

La bóveda tórica se define como una superficie de revolución generada por la rotación de una sección cónica, normalmente una circunferencia, alrededor de un eje coplanario con la curva, con el que no se interseca. Existen dos familias de secciones fundamentales para su definición. De un lado los meridianos, representados por las secciones de planos que pasan por el eje, que se corresponden con las distintas posiciones de la circunferencia generatriz. Por otra parte los paralelos, que vendrán dados por las secciones de planos perpendiculares al eje representados por los círculos correspondientes a la trayectoria de un punto de la curva generatriz.

A pesar de su complejidad geométrica, se construyeron varias bóvedas de intradós tórico durante el siglo XVI en el sur de España, en especial en el entorno de Murcia. De hecho, la de eje horizontal llegó a recibir el nombre de “Bóveda de Murcia” por Alonso de Vandelvira, sin duda porque el ejemplo más notable lo encontramos en la bóveda que cubre el espacio interior de la capilla funeraria de Gil Rodríguez de Junterón en la catedral de Murcia (fig. 113), concebida por Jacopo Torni l’Indaco Vecchio en 1525 (Calvo 2005b; Alonso Rodríguez et al. 2013). Sin embargo, en Granada se construye la bóveda anular que cubre la galería del patio del palacio de Carlos V, concebida por Pedro Machuca, y ejecutada en torno a 1562. Esta es otra de las bóvedas más

significativas de esta tipología que, al contrario de lo que ocurre en el ejemplar murciano, presenta el eje vertical. Aunque probablemente ambos fueron respectivamente los responsables del diseño de las bóvedas, ninguno llegó a ejecutarlo. A Torni le sucedió en las obras el Maestro Mayor de la Diócesis de Cartagena, Jerónimo Quijano (Gutiérrez-Cortines 1987), mientras que como sabemos a Machuca le sucedió su hijo Luis.

Autores como Calvo y Alonso Rodríguez (2005, 2010) han puesto de manifiesto, no solo las similitudes geométricas, sino también las posibles relaciones entre los autores de sus trazados, puesto que ambos son conocidos por sus influencias italianas. Rosenthal ([1985] 1988) ha especulado con la posibilidad de que en Italia ambos artistas coincidieran. Florentino Torni, conocido en España como Jacobo Florentino, se había preparado en Italia en el entorno de Miguel Ángel al igual que Machuca (Gómez-Moreno y González 1892), a quien también se le relaciona con Rafael. Pudieron coincidir también en Granada, pues mientras Pedro Machuca se disponía a iniciar las obras del palacio, Torni colaboraba en la construcción de la Capilla Real, así como en la ejecución de San Jerónimo. Además, ambos estuvieron relacionados con la familia Mendoza debido a distintos encargos artísticos. Sin embargo, mientras que la bóveda murciana ha ejercido cierta influencia en obras posteriores, es curioso que la bóveda de Granada no haya tenido trascendencia más allá del palacio.

El manuscrito de cantería de Alonso de Vandelvira es prueba fehaciente de la relevancia de ambos modelos en su época. Si bien es cierto que en sus análisis sobre bóvedas tóricas, Vandelvira (c. 1585, f. 53r) no otorga a la pieza granadina la relevancia que a la bóveda murciana; sí que es mencionada explícitamente al tratar del arquetipo de las escaleras de caracol abovedadas o “Vía de San Gil”, lo que deja constancia de su papel como modelo (fig. 114):

Sirve también esta traza para hacer una bóveda alrededor de un patio redondo como está puesto por obra en la alcázar real del Alhambra de Granada, mas antes de trazar las piedras igualmente por ambos cabos, que lo que se roba por una parte se hade robar por la otra para andar a nivel y no capialzar más una parte que la otra (...).

Vandelvira, A. c. 1585. *Libro de trazas de cortes de piedras*.

En este punto debemos destacar meramente la técnica del trazado y dejar a un lado el proceso de traza y labra relativo al rampante ascendente de la pieza. Es necesario

trazar una sección transversal de la bóveda y dividirla en dovelas mediante juntas, y así envolver cada dovela en un rectángulo para la labra por robos y no por plantillas como en la “Bóveda de Murcia”. Sin embargo Vandelvira se centra concretamente en el movimiento ascendente de la bóveda, por lo que no da instrucciones concretas para el caso que nos ocupa. Por otro lado, Ginés Martínez de Aranda es algo más concreto cuando aborda la “Vía de San Gil” (c. 1600, pl. 232). Propone inscribir la dovela en una cuña, en lugar de un prisma, eliminando el sobrante de material, de manera que volvemos al sistema de plantillas que serán necesarias a ambos lados representando la sección transversal de cada dovela y eliminar así el sobrante.

Más adelante Vandelvira (c. 1585, f. 111r) incluye otra traza que aborda la bóveda tórica con eje de revolución vertical bajo el título “Patio redondo con columnas” (fig. 115), e incluye un dibujo de un patio circular con corredor perimetral. Si bien el dibujo recuerda al patio circular del palacio de Carlos V, no nos encontramos ante el mismo caso puesto que en lugar de dintel, la columnata soporta arcadas que unen los pilares y Vandelvira se centra en resolver el “Arco en torre cavada”.

Este arco se entenderá por la vía de San Gil, aunque más fácil, por ser la vía de San Gil un arco capialzado y este a nivel, y, así, puestas las piezas en cuadrado (...) robarse igualmente por entrambas partes, teniendo consideración a sus ligazones, como parecen en las plantas señaladas (...) que miran al centro.

Vandelvira, A. c. 1585. *Libro de trazas de cortes de piedras*.

En realidad, en la traza de este caso podría aplicarse el sistema de conos propuesto por Vandelvira en su “Capilla redonda en vuelta redonda”, basado en el desarrollo de conos que pasan por dos lechos sucesivos, y labrar los tramos de la superficie tórica aplicando las plantillas y empleando baiveles. El problema aquí es que, como sabemos, esta superficie no presenta la misma curvatura en todas direcciones como la esfera, por lo que habría que emplear distintas cerchas y baiveles. Probablemente es ésta la razón por la que Vandelvira propone en su *Libro de trazas de cortes de piedras* que se labre la bóveda por robos.

De forma paralela, el manuscrito de Alonso de Guardia incluye dos dibujos sin texto de una bóveda tórica de eje vertical, como el anillo granadino, que recuerda a la planta de una “Vía de San Gil” al ser muy reducido el radio interior del toro (Guardia c. 1600, f. 68v).

f113. Bóveda de la capilla funeraria de Gil Rodríguez de Junterón en la catedral de Murcia.

f114. Vía de San Gil. Vandelvira (c. 1585, f. 52 v)

f115. Patio redondo con columnas.
Alonso de Vandelvira c 1585, f. 111r)

Sin embargo, uno de los dibujos incluye plantillas obtenidas por el método de desarrollo de conos inscritos en el interior de la bóveda, lo cual no puede aplicarse a la “Vía de San Gil” puesto que sus juntas de lecho son hélices cilíndricas, pero sí a la “Bóveda de Murcia”, como de hecho hace Vandelvira. Es posible, pues, que los dibujos de Guardia correspondan a una bóveda anular de imposta horizontal destinada a resolver la cubrición de una escalera. Por tanto, mientras Vandelvira ofrece únicamente una solución de la pieza “por robos” o por escuadría, Guardia presenta además como alternativa la labra por plantillas basadas en desarrollo de conos.

Como bien indica Gómez- Moreno en su *Guía de Granada*, también Fray Lorenzo de San Nicolás dedica un capítulo de su libro, *Arte y uso de Arquitectura*, a la bóveda anular del patio de palacio de Carlos V. Fray Lorenzo (1639, p. 93) resalta el carácter concéntrico de la bóveda en cuanto a aspectos estructurales y de equilibrio de empujes. Por otro lado, advierte del cuidado a la hora de labrar la piedra según sean las hiladas interiores o exteriores de la bóveda, puesto que no se trazan de la misma manera:

También es de notar que las dovelas de la parte exterior tienen cóncava su cercha, y las de la parte interior que son las más conjuntas al centro, la tienen convexa; y sacando todas las dovelas según está dicho, quedará bóveda fortísima vistosa y lucida.

San Nicolás, F. L. 1639. *Arte y uso de Arquitectura*.

Por último, Juan de Portor y Castro también incluye una traza de bóveda tórica de eje vertical a la que llama la “Bóveda en una circunferencia plana para un patio redondo” (1708, f. 52r), en la que, además, menciona explícitamente la bóveda del palacio de Carlos V en Granada.

No se conocen precedentes renacentistas de esta tipología constructiva, puesto que la bóveda anular de la logia ajardinada semicircular de la Villa Giulia de Roma fue trazada por Vignola en 1550, posterior a la del palacio granadino. Por tanto, antes de 1520, los únicos ejemplos que pudo haber visto Pedro Machuca se encontraban en estructuras de la antigua Roma. Rosenthal menciona una serie de posibles antecedentes clásicos, como la bóveda anular del santuario de Praeneste, el deambulatorio de Santa Constanza o el teatro marítimo de villa Adriana en Tívoli. Un ejemplo más reciente y cercano, aunque distinto, es el castillo de Bellver, construido en Mallorca en el s. XIV. En lugar de una bóveda anular, presenta una doble galería

claustral de planta circular resuelta con tramos trapezoidales de bóvedas de crucería en el piso alto. Aunque la solución adoptada es bien distinta, su proceso constructivo puede servir como antecedente. Probablemente ya en el siglo XVI el estado de conservación de la fábrica del teatro marítimo, permitiría la lectura de la ejecución de la obra. Del mismo modo, los fragmentos de la bóveda anular y del pórtico de arcos planos del anillo interior que quedan en pie evidencian la idoneidad de la forma toroidal para el equilibrio estructural (Líndez 2015).

Levantamiento y análisis

Para profundizar en el conocimiento geométrico y constructivo de la bóveda hemos llevado a cabo un levantamiento arquitectónico preciso mediante fotogrametría de imágenes cruzadas, que nos ha permitido determinar con facilidad y detenimiento las juntas entre dovelas y, de este modo, conocer la geometría y el despiece del intradós. Las fotografías se han procesado mediante PhotoModeler Scanner, que ha informado de un error máximo de 0.012 metros, menor que el grosor medio de las juntas entre dovelas es de 2cm. La nube de puntos obtenida ha sido tratada posteriormente con programas CAD como Autocad y Rhinoceros para llegar a la elaboración de una representación gráfica rigurosa, reflejando las irregularidades de la ejecución y del propio material. Se han tomado 124 fotografías, obteniendo una nube de 1986 puntos que representan la totalidad de su superficie de intradós; mientras que sólo un sector de la bóveda, el cuarto suroeste, ha sido analizado en detalle.

Los resultados del levantamiento no dejan duda de que las impostas de la bóveda se presentan como circunferencias concéntricas replanteadas con gran precisión, lo cual desmiente categóricamente el carácter improvisado que Rosenthal atribuye a la construcción de esta pieza (Salcedo y Calvo 2016a). La imposta de mayor diámetro apoya sobre el muro perimetral, mientras que la imposta menor cae sobre la galería formada por 32 columnas. La práctica totalidad de los autores que han tratado la bóveda señalan que la imposta que apoya en la columnata queda a mayor altura que la otra, y han calificado su perfil como escarzano (Alonso Rodríguez y Calvo 2010), oval (Gómez-Moreno 1892), o incluso elíptico, (Rosental [1985] 1988). Sin embargo, hasta el momento no se había publicado un levantamiento métrico que permitiera contrastar y precisar estas afirmaciones. Gracias a la fotogrametría observamos que, efectivamente, los arranques de la bóveda se producen a diferente altura, dando lugar,

pues, a una bóveda con perfil aparentemente asimétrico y difícil de atribuir directamente a cualquiera de las figuras geométricas conocidas para este tipo de bóvedas.

Los resultados del levantamientos indican que el dintel curvo que une la columnata salva la diferencia de cota entre ambos arranques de la bóveda, de manera que equilibra el desnivel entre las impostas anteriormente descrito. O lo que es lo mismo, el arranque de la bóveda por el lado del muro está a la misma cota que la cara inferior del dintel de la columnata. Por otro lado observamos que, en sección, la cota y espesor de dicho dintel coincide en altura con la primera hilada de la bóveda en el lado del muro, lo cual nos lleva a observar la bóveda desde otro punto de vista, considerando esta primera hilada como un tramo de transición entre muro y bóveda si tenemos en cuenta, además, que en este punto se produce un cambio de curvatura importante. Si analizamos la sección a partir de esta cota obtenemos sin lugar a dudas un arco de circunferencia cuyo centro viene a ser equidistante de ambas impostas de la bóveda, situándose aproximadamente en el eje de simetría de la sección.

Nos encontramos, por tanto, ante una bóveda de intradós tórico cuya curva generatriz viene dada por un arco de circunferencia a excepción de la hilada de arranque de la imposta exterior, donde se produce un notable cambio en la curvatura del arco, lo que permite que la bóveda arranque del muro perimetral con tangente vertical. La diferencia de cotas en los arranques de la bóveda se resuelve mediante la incorporación a ésta del dintel curvo de la columnata, aunque no presenta simetría con la primera hilada de la bóveda en el lado del muro.

Si profundizamos algo más en la cuestión observamos que ambos arcos de circunferencia, el que da la sección de la bóveda y el que define la primera hilada sobre el muro, son tangentes en el punto de transición entre ellas de manera que sus centros quedan alineados por una recta con el punto de tangencia, lo cual se corresponde con el óvalo de tres centros. En este caso, puesto que, como sabemos, los arranques de la bóveda se producen a distinta altura, la figura que se presenta es un óvalo de dos centros, con un trazado similar al clásico óvalo de tres centros en el que una de las ramas de radio menor no se materializa, en este caso, en el lado del arco adintelado de la galería. Merece la pena señalar que ya se habían utilizado en el palacio bóvedas de sección oval, en concreto en la cripta de la capilla (p. 292) (Salcedo y Calvo 2015).

Estos rasgos no parecen casuales, especialmente si analizamos la métrica en la sección de la bóveda. El ancho de la bóveda, es decir, la distancia entre sus impostas mide 5,03 metros o 18 pies castellanos, lo cual coincide con la altura del arranque inferior de la bóveda; y además es cuatro veces la altura de la bóveda con respecto a su arranque, 4,5 pies. La primera hilada de transición entre muro y bóveda tiene 2 pies de altura. Los radios de los arcos que dan forma al perfil de la bóveda parecen haber sido trazados con 13,5 y 2,5 pies castellanos, de manera que el centro del arco central de la bóveda queda situado en el centro geométrico de la sección. La medida de 13,5 pies puede parecer extraña a primera vista, pero equivale a 18 palmos, y corresponde a tres cuartas partes del ancho de la bóveda, o tres veces el su flecha (fig. 116).

Conclusiones

Los levantamientos han puesto de manifiesto resultados muy interesantes de cara a conocer, no solo la geometría de la bóveda, sino algunos datos de su trazado y el proceso constructivo. Frente al carácter improvisado que atribuye Rosenthal a la ejecución de la bóveda basándose en sus observaciones, el análisis geométrico demuestra un gran control de las formas y las proporciones por parte de sus ejecutores para conseguir una bóveda estructural y geoméricamente estable.

Todos los datos anteriormente analizados, es decir, la precisión en sus medidas, el sistema de proporciones empleado, así como su perfil aparentemente irregular pero tan geoméricamente estudiado parecen responder a un plan diseñado minuciosamente para prevenir los posibles fallos de la estructura ante los empujes de la bóveda sobre una columnata tan ligera, presumiblemente menos resistente que la solución propuesta de pilastras en lugar de las columnas, y arcos en lugar del entablamento plano. De esta manera, la bóveda descarga la mayoría de sus empujes al muro, liberando en parte el otro apoyo de la bóveda, la tan cuestionada columnata discontinua.

En este punto es importante destacar que tanto el autor del plano del Archivo Histórico Nacional como Juan de Maeda consideraban discutible la solución de columna y dintel, y por el contrario, preferían los arcos sobre pilastras, si bien Maeda la aceptaba a condición de cubrir el piso superior con armaduras de madera. Significativamente, Alonso de Vandelvira representa en su manuscrito la bóveda del piso bajo dispuesta sobre arcos que apoyan en columnas; es decir, combina la solución del plano del

Archivo y la finalmente construida. Si bien es cierto que hay paralelismos y similitudes entre la bóveda anular del patio y el arquetipo de bóveda tórica en España, la bóveda de Junterón, en los puntos clave de su construcción la solución elegida en Granada es totalmente opuesta. Como ya hemos comentado, en el patio del palacio el eje de revolución de la bóveda es vertical, por lo que las generatrices o meridianos son semicírculos sobre planos verticales, mientras que los directrices o paralelos son circunferencias horizontales, invirtiéndose aquí el sistema constructivo de Junterón. Las curvas directrices horizontales actúan como juntas de lecho, por lo que son continuas e ininterrumpidas en toda su longitud, mientras que los meridianos verticales, o juntas entre dovelas, se interrumpen para evitar deslizamientos entre piezas. Sin embargo, al igual que ocurre en Junterón, en el palacio de Carlos V la generatriz de la bóveda no es exactamente una circunferencia.

La sección oval de la bóveda también supone un dato importante en el conocimiento de esta pieza tan estudiada a lo largo del tiempo. Si comparamos la bóveda anular del palacio con el dibujo trazado por Vandelvira observamos que, aunque espacialmente son parecidas, las columnas del dibujo no sustentan un dintel curvo, sino que se unen por arcos. Sin embargo, sorprendentemente, la sección de la bóveda de Vandelvira es oval, al igual que ocurre en el palacio, dato que no ha sido comentado ni abordado hasta el momento.

Nuevamente encontramos en el palacio de Carlos V una sección oval para una de sus bóvedas, al igual que ocurre en la cripta bajo la capilla. Sin embargo, si entramos a analizar en detalle el óvalo que la define, encontramos ciertas similitudes con el óvalo propuesto por Philibert de l'Orme (1567, p. 118). De la misma manera que en este, se trata de un óvalo con doble proporción entre sus ejes, sin tener una construcción geométrica controlada puesto que el eje mayor no se divide en partes iguales, y las líneas que unen el punto de tangencia con los centros de los arcos no forman un ángulo fijo con la vertical de 30° o 45° como en otros casos, sino de 35° . Por el contrario, el óvalo de la sección de la cripta no parece responder a ninguna razón geométrica ni a trazados previos contenidos en los tratados. Quizá al ser ésta más primitiva y anterior en el tiempo, se ejecutara siguiendo la métrica mientras que la geometría de la bóveda del patio se rige por proporciones más estudiadas, seguramente por el conocimiento más avanzado de sus ejecutores (fig. 117).

f116. Bóveda anular del patio en el palacio de Carlos V. Sección.

f117. Perfil de la bóveda anular del patio en comparación con el óvalo propuesto por Philiber de l'Orme (1567, f. 118)

3.3.3. Bóvedas cilíndricas de lunetos

El zaguán occidental

Pese a las ya conocidas discusiones sobre el diseño del palacio así como los debates sobre el origen de su trazado y los planos conservados, el proyecto consistió desde sus inicios en 1527 en una villa simétricamente centrada con cuatro zaguanes en cada uno de los puntos cardinales (Rosenthal [1985] 1988, p. 46). El zaguán de ala oeste es el más grande de ellos y, probablemente, el de mayor relevancia, puesto que frente a él se proyectaría una gran plaza que daría acceso al edificio (fig. 118). Pese a que en un principio fue proyectado por Machuca, no sería hasta la última década del siglo XVI cuando sería ejecutado por Minjares y de la Vega. En este punto es importante señalar que, tras la confusión suscitada tras muerte de Luis Machuca, quien intentó conservar las intenciones de su padre, y tras la larga suspensión de las obras, Juan de Herrera redacta en 1580 un informe donde detalla una serie de condiciones a cumplir en la construcción del palacio. Las *Ordenanzas de Herrera* (Rosenthal [1985] 1988, p. 138) se alejan en gran medida de las intenciones de Machuca, por lo que no podemos asegurar hasta qué punto lo construido con posterioridad, como el zaguán occidental, sigue o se desvincula del proyecto inicial.

Juan de Minjares es contratado en 1583 para suceder a Juan de Orea al frente de las obras del palacio de Carlos V tres años después de su muerte. Minjares contaba por aquella época con una gran experiencia y excelente reputación, puesto que siendo discípulo de Juan de Herrera, había colaborado con él en Aranjuez, en El Escorial y en Sevilla, donde también fue asesor de las obras de la catedral. Como aparejador y persona de confianza de Minjares, se contrató a Juan de la Vega, quien llevaba ocho años trabajando como cantero en las obras de la Alhambra (Gómez-Moreno 1892, Rosenthal 1988). A estas alturas todos los muros del palacio estaban ya construidos, así como la portada sur y la galería circular del patio, a falta de rematar la portada occidental y revestir y cubrir los zaguanes y estancias del edificio.

Gracias a la documentación conservada sabemos que entre 1592 y 1594 se encargaron los sillares de piedra y las cimbras de madera para la bóveda. La piedra caliza empleada debía ser “muy cerrada y dura y que no tenga ningún género de tierra

ni caliches” (Rosenthal [1985] 1988, p. 143), seguramente para evitar la toba porosa utilizada en la bóveda anular del patio. Aunque la bóveda conserva actualmente la piedra caliza vista, Rosenthal apunta la posibilidad de que hubiera sido enlucida debido a unos pagos en concepto del enyesado de los huecos que pudieran haber quedado entre los sillares. En virtud de la amplia documentación analizada por Rosenthal en su investigación parece que Minjares no solo ejecutó la bóveda del zaguán, sino que revistió sus paramentos con piedra arenisca, realizando los bancos en piedra caliza, tarea que ya había sido iniciada por Luis Machuca.

En cuanto a la materialización de la bóveda, no podemos conocer las intenciones de Pedro Machuca con respecto a su geometría y su sistema constructivo. Lo único que sabemos de las intenciones de Machuca es la forma de su planta, que es un tercio más ancho que profundo. Probablemente su geometría actual es la misma que en el proyecto inicial de 1527, que como ya hemos dicho, incluía la planta central, simétrica y con los cuatro zaguanes. Dada esta forma ancha del zaguán, es posible que Machuca identificara el atrio romano con el zaguán español, acercándose más al estilo clásico en su diseño, como apunta Rosenthal.

Sabemos gracias a Juan de Maeda que los muros del palacio tenían un espesor de unos 56 cm, dato que se especifica en el informe de 1576 donde muestra sus dudas con respecto a la ejecución de bóvedas de cantería tanto para la galería anular del patio como para cualquiera de los zaguanes. Por tanto, es posible que originalmente estuviera proyectado un techo artesonado como los que el propio Machuca diseñó en los años 30 para cubrir los nuevos aposentos de la Alhambra. El perfil oval de la sección de la bóveda nos ofrece más información al respecto. Si bien es cierto que en el palacio ya se habían construido con anterioridad perfiles ovales como hemos visto en la cripta o en la bóveda anular, este tipo de bóveda cilíndrica, perfil rebajado y lunetos es muy característica de Juan de Herrera, quien la había empleado por primera vez en El Escorial para el refectorio y el nártex de la Iglesia, así como en el abovedado de salas y pasajes. Por tanto es muy probable que la bóveda del zaguán oeste fuera una aportación de Minjares según las directrices de Juan de Herrera.

Son innegables las similitudes entre la bóveda del zaguán occidental y algunas de las bóvedas del Escorial, por ejemplo la bóveda del pórtico principal del monasterio bajo la biblioteca, construida en 1583, por lo que se convierte en un claro y directo antecedente constructivo del caso que nos ocupa. Sin embargo, encontramos en el sótano del palacio una bóveda de características similares construida con anterioridad

a ambas. Hablamos de la bóveda que cubre la pequeña sala junto a la cripta octogonal, contemporánea de ésta y ejecutada igualmente por Machuca. Si bien, esta bóveda presenta perfil rebajado y lunetos como la del zaguán occidental, su ejecución es mucho más tosca al tratarse de un espacio de poca entidad, y los lunetos son geométricamente más simples. Por tanto, las bóvedas de los zaguanes principales del palacio serían una reinterpretación de los primeros tanteos de Machuca a la luz de la experiencia escurialense (fig. 119).

El zaguán meridional

Por el contrario, en el zaguán sur se construye otra bóveda posterior y similar a la del zaguán occidental. En realidad, la construcción del Zaguán meridional fue una de las fases más polémicas del palacio, debido al continuo cambio en la dirección de las obras, así como las diferencias entre las directrices de Machuca, de Herrera y de los posteriores arquitectos al frente de los trabajos. Tras la muerte de Minjares, Juan de la Vega le sucede en 1599 de forma no oficial, cumpliendo las funciones del maestro mayor, pero sin ser nombrado oficialmente. En 1612, tras la repentina muerte de éste, Pedro de Velasco es nombrado arquitecto al frente de las obras. Ya desde 1613, Velasco tenía dispuestas las condiciones para la construcción de la bóveda del zaguán del ala sur, contratando la piedra arenisca para el entablamento y los lunetos de los testeros. Velasco no llegó a terminar la bóveda, al morir en 1619, y fue continuada por su ayudante, Juan de Landeras. Sin embargo, el nombramiento de un arquitecto vallisoletano, Francisco de Potes, propició un retraso en su ejecución, puesto que la elección no gustó en el entorno de los funcionarios de la Alhambra (fig. 120).

Francisco de Potes propuso una serie de modificaciones en la bóveda del zaguán sur, alejándose de la forma herreriana que Velasco había empezado a construir, lo cual generó las quejas de los trabajadores, quienes consideraban que dichos cambios, así como el propio arquitecto, no eran adecuados. Finalmente Potes finalizó la bóveda a su manera, siendo, de hecho, la única obra que pudo llevar a cabo dentro de todos los proyectos propuestos en un principio, como la cubrición del zaguán oriental, de la capilla, y la cubierta general del palacio. La bóveda, de dimensiones más pequeñas que la del zaguán occidental, sigue el esquema geométrico de ésta a pesar de las modificaciones que, según la documentación analizada por Rosenthal, incluyó Potes.

f118. Zagúan occidental. Palacio de Carlos V. Granada

f119. Sala junto a la cripta. Palacio de Carlos V. Granada

f120. Zagúan meridional. Palacio de Carlos V. Granada

En cualquier caso, y teniendo en cuenta las diferencias entre ellas, analizaremos con más detalle la bóveda del zaguán occidental puesto que es la más representativa de las tres y la más relevante espacial y geométricamente, teniendo siempre como referencia tanto la bóveda anterior como la posterior en los análisis y conclusiones.

Antecedentes constructivos

Al hablar de los antecedentes constructivos, así como de los tratados teóricos relativos a este tipo de bóvedas, es preciso tener en cuenta varias cuestiones. No solo debemos abordar la cuestión del perfil rebajado de la bóveda, sino que conviene igualmente prestar atención a los lunetos que se abren en ella, puesto que como ya hemos comentado, no son los únicos ni los primeros lunetos que encontramos en el palacio de Carlos V. La cripta bajo la capilla del palacio se cubre con una gran bóveda octogonal en la que se abren sendos lunetos apuntados. Al analizar los lunetos de la cripta pudimos comprobar cómo, a pesar de que tradicionalmente se ha asumido el luneto apuntado como el luneto característico del renacimiento español, ya en el siglo XVI encontramos en la Península diversos ejemplares de lunetos amplios, como ocurre en la cripta (1560) y la sacristía (1579) de catedral de Jaén, el Hospital de Santiago en Úbeda (1562-1569) y el caso que nos ocupa, el zaguán occidental del palacio de Carlos V. Poco antes de este último caso, se construyeron en el monasterio de El Escorial arcos avanzados en los sótanos del convento, bajo el zaguán de entrada, en el tránsito entre la iglesia y el zaguán de la sacristía y en una de las dos bóvedas de la bodega bajo la cocina del colegio entre 1577 y 1581.

Como ya comentamos (p. 279-282), la diferencia entre lunetos apuntados y cilíndricos es puramente geométrica y radica concretamente en su generación; mientras que los lunetos apuntados se generan por la intersección de la bóveda cilíndrica con dos planos verticales, los lunetos amplios consisten en la intersección de cilindros, lo cual da lugar a una curva compleja, alabeada y de cuarto grado (Calvo 2000). Durante el siglo XVI estas piezas, junto con los arcos abiertos en taludes, reciben el nombre genérico de “Arco avanzado”; concretamente “Arco avanzado en cercha” (fig. 121) según Alonso de Vandelvira (c. 1585, f. 23r) y “Arco avanzado en bóveda” (fig. 122) para Ginés Martínez de Aranda (c. 1600, pl. 49). Sin embargo, por influencia francesa, esta figura se conoce desde el siglo XVIII como “luneto” (Rovira y Rabasa 1897, 84-85).

f121. Arco avanzado en cercha. Vandelvira (c. 1585, f. 23r)

f122. Arco avanzado en bóveda. Martínez de Aranda (c. 1600, (c. 1600, pl. 49).

Ginés Martínez de Aranda muestra en sus *Cerramientos y trazas de montea* solución del “Arco avanzado” en la que los ejes de cañón y luneto se cortan en ángulo recto (Martínez de Aranda c. 1600, pl. 49). Traza en primer lugar el arco de medio punto que representa la sección recta del luneto para después repartir el dovelaje en partes iguales sin coordinarlo con el dovelaje de la bóveda. Después traza la semicircunferencia que representa la sección de la bóveda, y una línea vertical entre ambas que corresponde al plano vertical que pasa por la línea de impostas. A partir de aquí se obtienen las “plantas por cara”, es decir, las plantillas del intradós del luneto. Para ello se abate usando como charnela rectas contenidas en un plano horizontal que pasa por las distintas juntas entre hiladas. Como referencia toma distancias iguales a lo que se separa la bóveda del plomo de la imposta a la altura de la hilada correspondiente en cada punto.

El problema de esta solución surge en el único lado de la “planta por cara” que no es recto, es decir, el lado correspondiente al encuentro de luneto y bóveda que, como sabemos, es una curva alabeada de cuarto grado. Sin embargo, la intención de Aranda es construir una plantilla rígida y más adelante robar material, obteniendo así el cilindro del intradós. Por tanto, no interesa tanto el desarrollo de la cara de intradós, sino su proyección; y dado que el luneto es una línea alabeada, su proyección sobre el plano definido por sus cuatro vértices será un arco de circunferencia (Calvo 2000).

Como ocurre en el caso de arcos en paramentos curvos abordado en la catedral, es interesante comparar esta solución con la que ofrece Alonso de Vandelvira en el *Libro de trazas de cortes de piedras* (c. 1585, f. 23r). Las dos son similares en las cuestiones esenciales, pero hay importantes diferencias de detalle entre una y otra. Vandelvira traza las plantillas de lecho e intradós abatiendo sobre un plano vertical, y no sobre un plano horizontal como Aranda, para no “entoscar” la proyección en planta de las testas de las dovelas, que ha trazado bajando “plomos” o líneas que representan verticales, desde el alzado, y llevando sobre ellas sus alejamientos al plano frontal. El trazado se ha de realizar en el suelo y a tamaño natural, pero no en cualquier sitio, sino precisamente debajo del arco, para poder controlar la ejecución. Para ello, toma las distancias de los vértices de las dovelas y de las mitades de sus cuerdas al plano de simetría del arco del alzado (Wendland et al. 2015, p. 1788).

El problema es complejo, porque para desarrollar adecuadamente la testa del arco es preciso resolver el problema de la rectificación de la circunferencia, que obsesionaba

a los matemáticos de la época. Sin embargo, en los textos de cantería españoles del siglo XVI y comienzos del XVII el problema se evitaba por completo; simplemente se iban tomando las longitudes de las cuerdas de cada segmento, como hace Martínez de Aranda al abordar el “Arco en torre redonda”, que también viene generado por una intersección de cilindros. A partir de aquí, sólo falta llevar estas distancias a lo largo de los “plomos” que se han trazado para cada punto para obtener su imagen en la “cimbria” y unir estos puntos de tres en tres con el compás (Martínez de Aranda c. 1600, pl. 20; Calvo 2000).

En cuanto a las bóvedas de cañón rebajadas, son escasos los precedentes renacentistas anteriores al monasterio de El Escorial. Al igual que ocurre en el monasterio, en el palacio de Carlos V se plantean alternativas al caso genérico del arco de medio punto, planteando una serie de perfiles rebajados como directrices de sus bóvedas. A lo largo del siglo XVI se emplean óvalos y elipses, aunque en el ámbito de la construcción arquitectónica no se usaba el término elipse y no se relacionaba su generación con uno de los tipos de sección plana de un cono. En cuanto al óvalo, los tratados renacentistas a menudo se refieren a él como “arco rebajado” o “carpanel”, como comentamos en el caso de la cripta (p. 292). De hecho, los tratados geométricos y arquitectónicos conocidos describen una serie de modelos siempre con proporciones fijas, proponiendo trazados elípticos para los casos en los que no es posible encajarlos. Los trazados de óvalos propuestos por los tratadistas quinientistas tienen proporciones fijas entre ejes, sin embargo Ana López Mozo apunta que quizá existieran métodos para la traza óvalos de cualquier relación entre luz y altura del arco o bóveda (López Mozo 2011).

En el siglo XVI, Durero (1525) y Serlio (1545) resuelven la construcción de arcos rebajados mediante transformaciones afines de la circunferencia, partiendo de un ancho y altura predeterminados. La línea generada es siempre una elipse, que no es identificada como tal por los autores renacentistas que ofrecen construcciones similares. Posteriormente Vandervira (c. 1585) repite este procedimiento basado en la construcción de Serlio, de manera que queda resuelto el problema de trazar arcos rebajados de cualquier proporción, cuestión que los trazados posteriores de óvalos no resolverían, como veremos a continuación. En este punto es importante destacar que aunque la solución teórica sería una elipse, es cierto que en muchos casos los puntos de la elipse se unen mediante arcos de círculo.

Serlio ofrece en su *Libro I* (1545) tres trazados ovales. El primero no es un trazado en sí mismo, sino un método general para dibujar óvalos equidistantes sobre un óvalo con los centros de sus arcos a 60° . El segundo y el cuarto parten de la división del eje mayor en partes iguales para situar los centros de los arcos, el primero en cuatro partes iguales, y el cuarto en tres. En cambio, el tercero no parte de ninguna de las dimensiones principales, sino de dos cuadrados de los que surge después el óvalo. En este caso los centros de los arcos se alinean en una recta que forma 45° con la horizontal, al igual que ocurre en el segundo, mientras que dicha recta forma 60° con la horizontal en el cuarto trazado.

De l'Orme (1567) traza una bóveda de media naranja rebajada de sección oval, pero no parece una construcción geométrica específica, puesto que no parte de la división del eje para situar los centros de los arcos laterales y la línea recta que une los centros no forma un ángulo determinado con la horizontal (fig. 123).

Vandelvira (c. 1585) muestra un solo trazado de óvalo, con división de la luz en cuatro partes iguales y centros a 60° , combinando el trazado segundo y cuarto de Serlio. Para ajustar el trazado a unas medidas predeterminadas, el autor propone el "Arco painel", que consiste en una construcción elíptica por dos métodos: el de Serlio, y uno propio original para inscribir una elipse en un paralelogramo no rectangular (fig. 124).

Vignola (1562) también basa su trazado en la división de la luz del óvalo, y Hernán Ruiz (1560) es el único que toma el eje menor como dato de partida, dando 60° a la alineación de los centros con la horizontal, como en casos anteriores (fig. 125).

Con anterioridad a la construcción de la bóveda del zaguán occidental, encontramos en El Escorial una serie de bóvedas de sección "carpanel", elíptica en unos casos y ovales en otros, que suponen claros antecedentes constructivos de aquella. En el caso del monasterio, muchas de sus secciones ovales parecen haber sido realizadas por tanteo, a prueba y error, hasta aproximar unas medidas razonables de luz y altura, dado que sus trazados no están recogidos en los tratados (López Mozo 2009, 2011). Por tanto, resulta interesante analizar el trazado de la bóveda del zaguán occidental, ejecutada por quien fuera igualmente el artífice de las bóvedas de El Escorial.

f123. Óvalo por De l'Orme, (1567, f. 118) A la derecha trazado geométrico superpuesto.

f124. Óvalo por Vandelvira (c. 1580, f. 18r). A la derecha trazado geométrico superpuesto.

f125. Óvalo por Hernán Ruiz (c. 1560, f. 24v)

Levantamiento y análisis: El zaguán occidental

Para poder profundizar en las anteriores cuestiones constructivas mediante el análisis geométrico, se ha llevado a cabo un levantamiento arquitectónico preciso mediante fotogrametría de imágenes cruzadas, que nos ha permitido determinar con facilidad y detenimiento la geometría y el despiezo del intradós dovela a dovela, así como la configuración formal del conjunto. Se han tomado 22 fotografías que posteriormente han sido procesadas con PhotoModeler Scanner de forma manual para obtener una nube resultante de 1032 puntos, y un error máximo de 0,008 metros, menor que el grosor medio de las juntas entre dovelas, aproximadamente 2cm. La nube de puntos obtenida ha sido tratada posteriormente con Rhinoceros para llegar a la elaboración de una representación gráfica rigurosa, no ideal, de la geometría de la bóveda.

Como hemos visto anteriormente, debemos prestar especial atención a dos aspectos importantes de la bóveda. De un lado la configuración geométrica de los lunetos, y de otra parte, el trazado de la sección rebajada de la bóveda. Una vez analizadas estas cuestiones, es importante estudiar las posibles relaciones existentes con sus antecedentes, así como con las bóvedas similares construidas en el mismo palacio. Para ello, se ha procedido a un levantamiento detallado de la bóveda del zaguán occidental definiendo el despiezo de intradós, así como del zaguán sur y de la sala junto a la cripta para poder contrastar su geometría.

En cuanto a la sección de la bóveda, la cuestión fundamental es estudiar si efectivamente se trata de un perfil oval o elíptico, puesto que a simple vista podemos descartar una bóveda de sección semicircular. Óvalos y elipses muestran una clara similitud gráfica, pero son muy diferentes en cuanto a su generación, diseño y proceso de trazado, así como las implicaciones en cuanto a su construcción arquitectónica. De hecho, el uso de óvalos en la arquitectura es mucho más común (Huerta, 2007; López Mozo, 2011).

Un óvalo es una curva cerrada convexa plana, con simetría doble ortogonal, formada por, al menos, cuatro arcos circulares tangentes. Por tanto, al trazar óvalos paralelos para configurar bóvedas con un espesor constante para una envergadura dada es sencillo puesto que se trata de arcos de circunferencia concéntricos, de manera que estos óvalos equidistantes ya no mantienen la misma proporción entre sus dos ejes que el óvalo inicial. Todo ello facilita el trazado de juntas entre dovelas ortogonales a la

curvatura del óvalo. Por otro lado, la elipse se define geométricamente como una sección plana obtenida a partir de un cono; y métricamente como el lugar geométrico de los puntos del plano cuya suma de las distancias a dos puntos fijos es constante. La curvatura de la elipse, sin embargo, varía en todos los puntos, lo que complica la división en partes iguales y el trazado de líneas ortogonales para distribuir las dovelas de un arco. Además, una curva equidistante a una elipse no genera otra elipse, sino una curva de cuarto grado llamada toroide, que sólo puede ser trazada por aproximación (Huerta, 2007).

En lo que respecta a la pieza objeto de estudio, los levantamientos confirman que se trata de un perfil oval, y no elíptico, puesto que coincide notablemente con la definición dada por Ana López Mozo (2009, 2011) de un óvalo de tres centros, es decir, una “curva formada por tres arcos de circunferencia tangentes entre sí, condición que sólo requiere para su cumplimiento que los centros de los dos arcos consecutivos y el punto de tangencia estén alineados según una recta”.

El criterio a seguir para su definición ha sido el mismo seguido por Ana López Mozo y que describe en su tesis doctoral, *Bóvedas de piedra del Monasterio de El Escorial* (2009). Este consiste en trazar la elipse que encaja con las dimensiones de los ejes de la bóveda, es decir, la luz entre sus arranques y la altura de la clave del arco. Si el trazado no coincide, esta diferencia será especialmente notable en los puntos donde se produce el cambio de curvatura, donde se encuentran los puntos de tangencia entre los distintos arcos del óvalo. El siguiente paso sería comprobar el trazado del óvalo con los propuestos en los tratados observando las características concretas que los definen (proporción entre ejes, división de la luz, ángulo de la alineación de centros).

En el caso concreto del zaguán occidental, el trazado no coincide con exactitud con los tratados, sin embargo posee una proporción de 3:2 entre ejes, así como rasgos contenidos en óvalos anteriormente analizados en los tratados: la recta que une los centros y el punto de tangencia forma un ángulo de 60º con la horizontal, al igual que el cuarto óvalo de Serlio, el de Hernán Ruiz o el de Vandelvira (fig. 126). Es inevitable relacionar a simple vista esta bóveda con la ejecutada años antes por Minjares en El Escorial en el pórtico principal bajo la biblioteca, que data de 1583, ya que las similitudes formales y artísticas son innegables. Sin embargo, si realizamos un análisis algo más profundo basándonos en el estudio realizado de esta bóveda por Ana López Mozo (2009) obtenemos resultados interesantes (fig. 127).

f126. Zaguán occidental del palacio de Carlos V. Sección transversal

f127. Pórtico principal del monasterio de El Escorial. Levantamiento y análisis por Ana López Mozo.
En *Bóvedas de piedra del Monasterio de El Escorial*. p. 292. (2009)

Si bien las proporciones no coinciden con exactitud, cosa lógica por otra parte, puesto que como sabemos en la mayoría de casos las proporciones de anchura y altura vienen ya dadas; ambas bóvedas coinciden en la alineación de centros a 60° con la horizontal y se resuelven con una relación entre arcos muy similar, lo que nos hace pensar que, de haber tenido de base la misma proporción entre ejes, el trazado habría sido idéntico.

Una vez analizado el perfil rebajado de la sección, estudiaremos la ejecución y la configuración geométrica de los lunetos de la bóveda. Como ya hemos comentado anteriormente, estos lunetos no son los primeros lunetos cilíndricos realizados con técnicas de cantería en España, pero quizá sí son los primeros con una ejecución material muy próxima a la geometría teórica ideal de esta tipología constructiva. Si bien los precedentes giennenses evitan coordinar las hiladas entre luneto y bóveda remarcando el encuentro entre ambos, en la bodega de El Escorial, Minjares recurre a una solución peculiar. El principal problema que presenta esta figura al intentar mantener la continuidad entre luneto y bóveda se encuentra en la hilada superior, donde el alabeo de la curva es máximo y donde se genera una hilada desproporcionadamente ancha con respecto al resto, lo cual es desequilibrado desde el punto de vista estético. Para evitar estas cuestiones, Minjares ataja este problema e intenta coordinar las hiladas mediante una solución que se aleja en su clave de la solución teórica (López Mozo, 2005). Si comparamos esta solución por las propuestas por Montclos y Frézier, podemos decir que Minjares se aproxima notablemente a la “pénétration filée” del primero, puesto que las juntas de la bóveda continúan en el intradós del luneto, quedando resuelto el encuentro entre ambas superficies de forma natural. En este caso Minjares no recurre al falseo del despiezo del luneto como propone Frézier, sino que falsea únicamente el vértice del luneto, para evitar así los problemas anteriormente planteados (fig. 128).

Sin embargo, Minjares emplea años más tarde una solución diferente en el zaguán occidental del palacio. Por un lado, los levantamientos confirman que la línea del luneto se ejecuta de forma limpia, formando una curva alabeada muy próxima a la solución geométrica teórica generada por la intersección entre dos cilindros de distinto radio. Por otro lado, Minjares resuelve aquí la cuestión de la hilada superior: el pronunciado alabeo de la curva se ejecuta atravesando una de las hiladas de la bóveda principal al luneto en su parte más alta, y tallando con posterioridad el “vértice” in situ. Por otro lado, la hilada superior del luneto se divide en tres, aparejándose de forma independiente, y evitando el problema del ancho desproporcionado (fig. 129).

f128. Lunetos en la bodega bajo la cocina del Colegio del Monasterio de El Escorial. Levantamiento por Ana López Mozo. En *Bóvedas de piedra del Monasterio de El Escorial*. p. 295. (2009)

f129. Zaguán occidental del palacio de Carlos V. Planta y sección longitudinal

Sin embargo, no todos los lunetos del zaguán occidental se ejecutan siguiendo el mismo criterio. Mientras los lunetos centrales de la bóveda siguen el trazado teórico del “Arco avanzado”, los lunetos laterales más pequeños, se presentan como lunetos apuntados capialzados que apenas ofrecen novedades constructivas con respecto a los lunetos de la cripta. En este caso, al contrario de lo que ocurre en los lunetos centrales, la bóveda secundaria presenta un rampante apreciable.

Levantamiento y análisis: El zaguán meridional

En el caso del zaguán meridional, para abordar su levantamiento y posterior análisis se han tomado 18 fotografías que posteriormente han sido procesadas con PhotoModeler Scanner de forma manual para obtener una nube resultante de 767 puntos, y un error máximo de 0,007 metros, menor que el grosor medio de las juntas entre dovelas, aproximadamente 2cm. La nube de puntos obtenida ha sido tratada posteriormente con Rhinoceros para llegar a la elaboración de una representación gráfica rigurosa, no ideal, de la geometría de la bóveda. Es decir, la bóveda se representa con sus imperfecciones causadas por la propia construcción, tolerancias y deformaciones.

La sección de la bóveda del zaguán sur, presenta un trazado similar al del zaguán occidental. Si bien no coinciden en dimensiones al ser el zaguán sur más pequeño, la proporción entre los ejes de la bóveda es 1:1,5, al igual que ocurría en el zaguán occidental. Si profundizamos, además, en su geometría, encontramos sorprendentemente el mismo trazado, con la misma proporción entre los arcos situando sus centros de igual manera, y por tanto formando las alineaciones entre estos un ángulo de 60º con la horizontal (fig. 130).

En lo que respecta a la apertura de huecos en la bóveda, si comparamos la solución del zaguán occidental con la bóveda del zaguán sur, encontramos un hecho curioso. Mientras que los lunetos del zaguán occidental, contruidos con anterioridad, responden al modelo teórico de luneto cilíndrico, los lunetos abiertos en el zaguán meridional retroceden en cuanto a la complejidad de su trazado, volviendo a la solución del luneto apuntado ejecutada en la cripta casi un siglo antes. Sin embargo, las lunetas del zaguán meridional difieren de los ejecutados por Machuca, puesto que en este caso el hueco abierto en el paramento es un arco de medio punto, y no un arco apuntado, lo cual genera el “luneto apuntado y capialzado” desarrollado en algunos

textos de cantería (Fray Lorenzo 1637, p. 104, Portor 1708, f. 47). Por otro lado, si bien los lunetos apuntados de la cripta seguían el esquema de 90° en planta, como los propuestos por Fray Lorenzo y Portor, en el zaguán meridional los lunetos se presentan con un ángulo notablemente más abierto, probablemente para rebajar la verticalidad del luneto en alzado (fig. 131).

Se observa, por tanto un evidente intento de acercarse al luneto cilíndrico, huyendo de la imagen gótica que aportan los arcos apuntados, y probablemente ante la falta de conocimientos para ejecutarlos, la arista del luneto se genera por la intersección de la bóveda principal con dos planos verticales que forman un ángulo de 110° entre sí, ampliando la luz del luneto y rebajando el vértice del mismo.

Levantamiento y análisis: La sala junto a la cripta

Por último, en el caso de la sala junto a la cripta, se ha seguido la misma metodología que los casos anteriores. Se han tomado 16 fotografías que posteriormente han sido procesadas con PhotoModeler Scanner de forma manual para obtener una nube resultante de 615 puntos, y un error máximo de 0,009 metros, menor que el grosor medio de las juntas entre dovelas, aproximadamente 2cm. La nube de puntos obtenida ha sido tratada posteriormente con Rhinoceros para llegar a la elaboración de una representación gráfica no ideal de la geometría de la bóveda.

La bóveda de esta pequeña sala, anterior a los dos zaguanes analizados, presenta igualmente un trazado oval en su sección, que sin embargo, no responde a ninguna de las características descritas en los tratados en cuanto a proporciones entre ejes, relación de tangencia entre arcos, etc, como ocurría en la sección de la cripta. Todos estos datos nos hacen pensar que la bóveda haya sido resuelta de forma intuitiva, lo cual era de esperar dada la temprana fecha de su construcción (fig. 132).

En cuanto a los lunetos de la bóveda rebajada del sótano, son claramente lunetos apuntados ejecutados de forma similar a los de la cripta. El hueco abierto en el paramento vertical es, igual que en aquellos, un arco apuntado; y el ángulo del luneto en planta es igualmente de 90° , por lo que sin duda Machuca recurrió a la misma solución que en la cripta, en una escala más reducida (fig. 133).

f130. Zaguán meridional. Sección transversal

f131. Zaguán meridional. Planta y sección longitudinal.

f132. Sala junto a la cripta. Sección transversal.

f133. Sala junto a la cripta. Planta y sección longitudinal.

Conclusiones

El análisis realizado sobre la base de los levantamientos nos ofrece interesantes resultados y conclusiones acerca de la ejecución de esta bóveda, tanto en lo referente a su perfil rebajado como a la geometría de sus lunetos. Así mismo, y basando estos análisis en comparaciones con sus antecedentes constructivos y bóvedas posteriores, podemos elaborar hipótesis sobre la evolución de esta tipología, concretamente de la construcción de lunetos en el siglo XVI.

No cabe duda de que Minjares mejoró su maestría en la ejecución de bóvedas de cantería, concretamente en la construcción de bóvedas de perfil oval y la intersección de estas con bóvedas secundarias. Tras la construcción de los lunetos apuntados en la cripta del palacio se generaliza su ejecución en El Escorial, donde constituyen la tipología de lunetos más frecuente. La escasez de ejemplos de arcos avanzados en el monasterio, indica que se trataba de una solución a evitar en la medida de lo posible, ya que probablemente gustaba poco a sus ejecutores. Quizá por la complejidad de su materialización en piedra y la pericia necesaria para mantener la continuidad de aparejo entre bóveda principal y secundaria. Considerando la peculiar solución de la bodega de la cocina del Colegio del monasterio de El Escorial (1577-1581) uno de los ejemplos más tempranos de lunetos cilíndricos contruidos en aparejo de piedra, los lunetos del zaguán occidental del palacio de Carlos V serían los primeros que se acercan a la solución ideal planteada en la teoría. Tal es la complejidad de esta solución y su singularidad, que bóvedas posteriores contruidas en el mismo palacio no son capaces de reproducir su fórmula, recurriendo a soluciones poco ortodoxas que pretenden asemejarse a ésta. Este dato, obtenido a raíz de los análisis realizados, se contrapone a lo expuesto por Rosenthal, quien asegura que finalmente Potes ejecutó la bóveda a su manera alejándose del estilo de Minjares. A la luz de los análisis, probablemente Potes se aleja de Minjares en la ejecución de los lunetos no por voluntad propia, sino por la dificultad de contruirlos con igual maestría. Sin embargo el perfil oval de ambas bóvedas es idéntico, guardando las mismas relaciones geométricas aun teniendo dimensiones distintas.

Por otro lado, y a pesar de que no podemos relacionar directamente la sección oval de la bóveda con ninguno de los trazados propuestos en los tratados teóricos del siglo XVI, encontramos en ella datos que nos indican que la bóveda no fue ejecutada únicamente por tanteo, sino que existe una lógica geométrica detrás de su trazado, teniendo en cuenta los condicionantes espaciales. Las similitudes con la bóveda del

pórtico principal de El Escorial (1583) son evidentes si comparamos ambas secciones, sin embargo resulta curioso el hecho de que en el caso del monasterio, los lunetos son apuntados y capialzados, mientras que en el palacio son cilíndricos, conservando en algunos casos el rampante del capialzado. Es decir, siguiendo el orden cronológico, Minjares ejecuta en primer lugar los lunetos de la bodega de El Escorial (1577-1581) recurriendo a una solución peculiar, para posteriormente abandonar esta solución y optar por la construcción de lunetos apuntados en el pórtico principal(1583). Finalmente, retoma la solución de lunetos cilíndricos en el zaguán occidental del palacio de Carlos V mejorando su ejecución notablemente.

3.3.4. Los pasos del zaguán occidental al patio

En los planos del palacio del siglo XVI no aparecen detallados ni el banco corrido del zaguán ni los escalones que conducen al patio. Sabemos que existió en el pasaje central un tramo de cinco escalones asentados en el muro, hoy desaparecidos, como los que todavía se conservan en los pasajes laterales. No sabemos a ciencia cierta cuando fueron contruidos los escalones, tanto los conservados como los desaparecidos. Podrían haber sido ejecutados desde 1560 en adelante, o incluso en los primeros años del siglo XVII. Sin embargo, los actuales escalones de la puerta central fueron contruidos en la restauración de 1925 en sustitución de los originales.

Destaca el hecho de que en los planos dibujados por Machuca no existe alineación entre las tres puertas de la fachada y los tres vanos de los pasajes que dan acceso al patio. En el *Plano pequeño* del Palacio Real los tres pasajes que se abren al patio son más estrechos que sus correspondientes huecos en la fachada, y además están alineados siguiendo los radios del patio circular. Sin embargo, finalmente los dos pasajes laterales fueron ampliados abriéndose con un ángulo más agudo para quedar alineados con las puertas laterales de la entrada principal. Además, estos pasajes se ejecutaron con una fuerte inclinación que reducía el tamaño de sus vanos por el lado del zaguán a aproximadamente la altura de las puertas de la entrada. Nos encontramos, por tanto, ante unos capialzados con un rampante muy pronunciado en los tres casos, y esviados además en el caso de los pasajes laterales por la alineación radial de su trazado (fig. 134).

En cuanto a su ejecución, Rosenthal atribuye a Luis Machuca el trazado de los agudos ángulos de los pasajes laterales y del fuerte rampante de los tres, pero no opina lo mismo de la materialización del intradós de éstos, cuyo estilo atribuye al repertorio de Minjares.

Antecedentes constructivos

Tradicionalmente, las bóvedas de cañón con eje inclinado se conocen como “Decendas de cava”. Vandelvira propone para este tipo de piezas una solución basada en triangulaciones desarrollada a partir de la empleada en los arcos oblicuos Esta

solución no sólo es válida para la “Decenda de cava” básica, definida como hemos dicho por una bóveda de cañón de eje inclinado, sino también para su variante, la “Decenda de cava en rincón y esquina”. Esta tipología engloba las que perforan la unión de dos muros, las abiertas en paramentos curvos, o incluso la de jambas curvas, que reciben el nombre de “Decenda de cava que guarda por lechos torre cavada y redonda” (Vandelvira c. 1585, f. 28v - 30r - 30v) (fig. 135).

Por otro lado, los capialzados en sentido estricto son piezas formadas en general por una superficie reglada que apoya en un dintel dispuesto en una de las testas y por un arco colocado en la otra, lo cual genera una superficie de intradós es alabeada. La pieza básica es el “Capialzado desquijado”, que pasa por un dintel horizontal y un arco con las impostas a la altura del dintel. Como complicación adicional, por lo general el arco es de luz algo mayor que el dintel, lo que da lugar a que las jambas sean convergentes; de ahí el curioso término “desquijado”, que tiene la misma raíz que quijada y el sentido de abierto (Calvo 2005a).

Si bien los capialzados propiamente dichos se materializan con un arco en una de las testas y un dintel en la otra, existen variantes a ambos extremos de la figura, es decir, capialzados formados por dos dinteles, o por dos arcos. En cuanto a los capialzados formados por dos arcos, Martínez de Aranda propone el “Arco capialzado”, en el que las testas vienen dadas por un arco rebajado y otro de medio punto, con las impostas al mismo nivel, lo cual no coincide con el caso de estudio del palacio (Martínez de Aranda c. 1600, pl. 40)

Por otra parte, el “Capialzado a regla” apoya en dos dinteles a distintos niveles, por lo que la superficie de intradós será un plano, y la obtención de las plantillas de intradós no presentará ninguna dificultad, bastando abatir alrededor de la arista que separa el intradós del batiente. Sin embargo, puede ocurrir que una de las testas sea oblicua, es decir, que los dos dinteles no sean paralelos aun siendo horizontales. Esta solución presenta un problema, y es que el resultado no será un plano, sino una superficie reglada, en general alabeada. Por lo general el alabeo es imperceptible y en la práctica puede ser ignorado. En cualquier caso Martínez de Aranda presenta una solución alternativa, y propone hacer pasar un plano inclinado por el dintel inferior, de manera que la intersección de este plano con otro vertical oblicuo al dintel inferior será una recta inclinada, que Aranda toma como dintel superior (Martínez de Aranda c. 1600, pl. 119).

f134. Pasajes entre el zaguán occidental y el patio del palacio de Carlos V

f135. Decenda de cava.
Vandelvira (c. 1585, f. 28v)

f136 Capialzado viaje por testa a regla.
Martínez deAranda (c. 1600, pl. 119)

Esta propuesta resulta llamativa, siendo el razonamiento geométrico irrefutable, puesto que podría corresponder a las últimas décadas del siglo XX y no a las primeras del XVII. El caso del “Capialzado a regla” con testas oblicuas es el que más se acerca a la solución de los capialzados del palacio, pero no coinciden en su totalidad puesto que, además de las testas oblicuas, presentan el problema del esviaje (fig. 136).

Levantamiento y análisis

Los levantamientos se han realizado encaminados fundamentalmente a confirmar las hipótesis realizadas tras la inspección ocular, puesto que nos encontramos ante piezas relativamente poco complejas. Además de su configuración geométrica, el objetivo es conocer su despiece de intradós para analizar la lógica constructiva de los elementos mediante técnicas de cantería. El proceso se ha llevado a cabo mediante el uso de 22 imágenes convergentes, localizando no sólo los puntos correspondientes a los capialzados, sino a la totalidad de la construcción de los pasos entre zaguán y patio. Se han tomado 462 puntos en total, a partir de los cuales se han configurado las nubes de puntos. Tras el tratamiento con los programas informáticos adecuados, el resultado final consiste en planos y secciones que representan las piezas de forma real, no ideal. El error máximo es, según Photomodeler, 0.009 metros, lo cual, como sabemos, es un dato aceptable. A pesar de que la decoración con molduras, fajas y marcos dificulta en parte la lectura de las piezas, nos encontramos ante geometrías relativamente sencillas, por lo que hemos podido analizar la geometría y configuración de cada una de las piezas. Además, a pesar de la ornamentación, las juntas entre dovelas quedan claramente marcadas, lo cual facilita la lectura estereotómica y constructiva de los aparejos.

En el caso del vano central, la pieza se adapta con precisión a su definición teórica. Se trata de una “decenda de cava” generada por una superficie cilíndrica con eje inclinado. En este tipo de piezas se pueden dar dos soluciones distintas. Por un lado, si la generatriz de la bóveda es circular, las testas de los arcos frontales serán arcos de elipse con eje vertical mayor que el horizontal. Esta elipse sería el resultado de la intersección de la superficie cilíndrica de eje inclinado con un plano oblicuo a su eje, vertical en este caso, donde se encuentran las testas del arco. Por otro lado, si se quiere evitar la construcción de un arco de elipse en la testa para recurrir al clásico arco de medio punto, la superficie de la “decenda de cava” vendrá generada por una

generatriz elíptica de eje horizontal mayor que el vertical, que al desarrollarse sobre un eje inclinado e intersectar con un plano vertical dará lugar a un arco de circunferencia.

En el caso del paso central entre el zaguán occidental y el patio del palacio, se opta por la segunda opción, arcos frontales semicirculares y cañón de generatriz elíptica, que es por otro lado la solución más frecuente en la práctica constructiva. El hueco abierto presenta un ancho de 2,52 metros, que coincide con el diámetro del arco, siendo el radio por tanto justo la mitad, 1,26 metros, unos 4,5 pies. La sección transversal muestra claramente la inclinación del cañón, que presenta 60º con el plano horizontal, de manera que los arcos frontales contenidos en planos verticales forman un ángulo de 30º con el eje del cañón. Esta disposición geométrica genera una generatriz elíptica cuyo eje mayor, horizontal, es igual al diámetro del arco total, mientras que el eje menor se reduce, presentando una longitud de 1,21 metros. Las juntas entre hiladas siguen la dirección del eje inclinado del cañón y se representan en planta perpendiculares a ambas testas, que son paralelas entre sí. Las molduras y demás ornamentación, por el contrario, parecen no haber sido ejecutadas con rigor puesto que no respetan los paralelismos de forma precisa, aunque no es esta cuestión objeto de este estudio (fig. 137).

En el caso de los capialzados laterales, los levantamientos indican que son, como se intuía a simple vista, “capialzados a regla” con las testas oblicuas, y esviados, puesto que las jambas del hueco son convergentes y no paralelas. El esviaje no interfiere demasiado en su configuración geométrica, puesto que lo único que provoca es la prolongación de una de las testas con respecto a la otra sin influir en la naturaleza geométrica de la superficie generada. Como señala la teoría, este tipo de figuras se resuelven mediante superficies alabeadas, si bien en los tratados encontramos propuestas para evitar la complejidad estereotómica de este tipo de construcciones, como Martínez de Aranda. Sin embargo en este caso el capialzado se genera mediante una superficie alabeada, siendo ambas testas líneas horizontales oblicuas, y no paralelas. Mientras que en la vista frontal se presentan ambas como líneas horizontales con una diferencia de cota entre ellas de 90 cm, en torno a unos 3 pies, en planta presentan entre ellas un ángulo de 10º. El alabeo se materializa con gran maestría, resultando prácticamente imperceptible a simple vista, aunque la existencia de molduras que marcan sus encuentros con los paramentos verticales facilita ocultar cualquier imprecisión en su ejecución (fig. 139).

f137. Pasaje central entre el zaguán occidental y el patio del palacio de Carlos V.

f138. Pasajes esviados entre el zaguán occidental y el patio del palacio de Carlos V.

En cuanto al reparto del dovelaje, las juntas entre hiladas se disponen ortogonales a la testa superior del capialzado, la que se encuentra en el lado del patio. Las juntas se continúan siguiendo esta disposición hasta el dintel inferior que da al zaguán, con respecto al cual ya no son ortogonales, sino oblicuas. Es decir, Minjares opta aquí por una solución de continuidad en el conjunto a pesar de que esta solución puede resultar más compleja a la hora de trazar y labrar las dovelas del dintel inferior. Es importante destacar que, aunque las hiladas siguen un esquema ortogonal a la testa superior, no son paralelas a ninguna de las aristas del capialzado, puesto que los paramentos laterales en los que apoya no guardan relación de paralelismo entre ellos, y además son oblicuos con respecto a ambas testas del hueco.

Conclusiones

A pesar de la aparente sencillez geométrica de las piezas estudiadas, es interesante comprobar las soluciones adoptadas ante pequeños problemas constructivos que, a priori pueden parecer banales, pero que en encierran en realidad soluciones geométricas complejas.

En el caso del vano central, la “decenda de cava” se resuelve sin problemas, mediante el procedimiento más frecuente: arcos de medio punto en las testas recurriendo a la sección elíptica en la bóveda, e hiladas paralelas a los paramentos laterales del hueco. La ejecución de las molduras sin embargo presenta ciertas irregularidades en su ejecución.

En cuanto a los vanos laterales, queda resuelta con bastante solvencia la cuestión de la superficie alabeada. La mayor encrucijada en la ejecución de estas piezas es el trazado del despiezo de intradós, puesto que en planta, las aristas de la pieza no presentan entre sí relaciones de paralelismo o perpendicularidad. Parece lógica la solución adoptada puesto que, haber dispuesto las hiladas paralelas a alguno de los paramentos laterales habría supuesto trazados oblicuos en ambos dinteles, cosa que solo ocurre en uno de los dinteles con la solución ejecutada. En cuanto a la decisión sobre cuál de las dos testas referenciar el despiezo, también resulta acertada la opción tomada, por dos motivos. De un lado, el capialzado se muestra en su totalidad hacia la testa superior del vano quedando oculto desde la testa inferior, por lo que parece lógico que la pieza se adapte a la geometría de la testa superior, lo cual beneficia visualmente a la composición estética de la pieza. Por otra parte, si observamos la planta, la

disposición de las hiladas ortogonales a la testa superior sigue la dirección en la que más hiladas continuas pueden disponerse atravesando todo el conjunto y asegurando la continuidad entre dinteles y capialzado. Es decir, de haber dispuesto las hiladas perpendiculares a la testa inferior, se habrían ejecutado menos juntas completas de dintel a dintel.

Por último, es conveniente también detenerse a observar la disposición de los escalones que salvan el desnivel entre patio y zaguán. Aunque son piezas geométricamente muy sencillas, con una ejecución casi inmediata, los levantamientos muestran cómo se salva el esviaje, así como la oblicuidad de las testas del vano, disponiendo cada escalón con un ángulo distinto en planta.

3.3.5. La bóveda oval del zaguán oriental

De los cuatro zaguanes proyectados, sólo uno destaca en planta por su geometría notablemente diferente a la de los otros tres. Se trata del zaguán oriental, al que históricamente se han referido como oval o elíptico. Sin embargo, en ninguno de los tres planos trazados en el siglo XVI y conservados hasta nuestros días reconocemos con exactitud estas formas geométricas. En los dos primeros, el del Archivo Histórico Nacional y en el *Plano grande* del Palacio Real, este zaguán tiene una forma alargada que se estrecha gradualmente al venir determinada por dos arcos cuyos centros se reflejan en dichos planos en el límite exterior del muro opuesto; mientras que en el *Plano pequeño* del Palacio Real, probablemente en el último proyecto y que Rosenthal data de finales de 1531, el zaguán oriental estaba formado por la adición de semicírculos a cada uno de los lados de un rectángulo.

La construcción del zaguán oriental fue iniciada por Luis Machuca antes de 1568 y completada por Juan de Minjares y Juan de la Vega después de 1596. Cabe destacar el carácter novedoso de una planta oval en este periodo, como ya hemos comentado anteriormente (Rodríguez-Gutiérrez 1990). De hecho Rosenthal apunta, reforzando la hipótesis de Kubler y Soria (1959), que la traza realizada por Machuca de este zaguán podría ser el primer ejemplo de planta oval fuera de Italia (Rosenthal 1988, p. 176).

Sin embargo, el procedimiento utilizado para conseguir la forma oval en las plantas del palacio de la Alhambra no sigue las construcciones geométricas utilizadas por Peruzzi y posteriormente ilustradas por Serlio en 1545. Machuca sigue en el *Plano grande* del Palacio Real una construcción poco corriente basada en dos arcos que coincide con la empleada por Sangallo en su planta del Coliseo (Rosenthal 1988, p176). Su forma es un poco más ancha que la del zaguán oriental del palacio de Carlos V, pero el principio es esencialmente el mismo.

Sea cual fuere la fuente inmediata de su método Machuca concibió la primera forma oval del zaguán oriental conforme a un tipo de construcción utilizada por

varios toscanos entre 1480 y 1520, construcción que en último término se derivaba de las ruinas de los edificios de la Roma imperial.⁵⁴

Rosenthal, E.E. (1985) 1988. *El Palacio de Carlos V en Granada*.

En el *Plano pequeño* del Palacio Real la forma alargada y más estrecha en los extremos del primer zaguán fue sustituida por otra basada en la adición de semicírculos a cada lado de un rectángulo. Puede que se escogiera esta nueva disposición a fin de facilitar el abovedado de la estancia, que así podría ejecutarse mediante una combinación de medias cúpulas y una bóveda de cañón, mientras que la forma propuesta en el primer plano hubiera planteado unos problemas estereonómicos a los que hasta entonces nunca se habían enfrentado los expertos canteros españoles.

De los documentos analizados Rosenthal interpreta que los Machuca debieron iniciar los muros sin llegar a completarlos. Tras completar las fachadas y los zaguanes principales, Minjares encargó a Juan de la Vega la construcción del zaguán oriental, que mide unos 5,57 por 7,50 m. Según el informe de Maeda de 1576, este zaguán estaba todavía “por hacer”. Además, en las instrucciones elaboradas por Herrera tras la muerte de Luis Machuca en 1580 se aborda la cuestión necesaria de construir la cubierta abovedada de este zaguán. Juan de la Vega siguió el esquema indicado en el *Plano pequeño* del Palacio Real de Madrid, es decir, la planta compuesta por un rectángulo central entre dos semicírculos, lo que permitiría el empleo de una bóveda de cañón flanqueada por dos bóvedas de horno. Sin embargo es curioso destacar que José de Hermosilla no reconoce esta figura geométrica en los planos realizados por encargo de la Real Academia de las Artes en 1766 (Rodríguez Ruiz 1992).

La configuración formal de los muros sigue en gran medida el esquema de los Machuca, pilastras dóricas, nichos semicirculares cubiertos por veneras, paneles rehundidos, ménsulas foliadas, etc. Además, en la cornisa, Vega repite el friso empleado en la galería del patio y en el zaguán occidental, aunque hay que destacar la falta de elegancia en la solución elegida. En lugar de continuarse la bóveda sobre los muros creando un espacio continuo como ocurre en la cripta, se marca demasiado la cornisa que sobresale en exceso mientras que la bóveda arranca al fondo de ésta.

⁵⁴ Cita original en Rosenthal, E. E., 1985. *The Palace of Charles V in Granada*.

Además, los vanos que enmarcan los accesos al zaguán interrumpen el entablamento de forma algo forzada. Pese a que se terminaron los muros, la bóveda no fue construida por Minjares y Vega, de manera que en 1621 se encarga una maqueta de ésta, así como de la bóveda que cubriría la capilla, a Francisco de Potes para demostrar su capacidad constructiva ante la desconfianza de los trabajadores de la Alhambra. Finalmente sus opositores consiguieron su propósito y Potes no llegó a ejecutar su proyecto para cubrir el zaguán.

Tras un periodo de dificultades económicas, unidas a la mediocridad de los canteros y al desinterés de los sucesivos monarcas, el palacio quedó abandonado y destinado únicamente al almacenaje de materiales, herramientas y otros utensilios. No es, por tanto, hasta el siglo XX, cuando tras finalizar la guerra civil española Torres Balbás nombra a Francisco Prieto Moreno la finalización de las obras del palacio y su adecuación como museo, cuando finalmente se lleva a cabo la construcción de las obras probablemente siguiendo el esquema propuesto en la maqueta y las técnicas de cantería propias del siglo XVI, cuando debió haber sido ejecutada. La bóveda quedaría completa entre los años 1951 y 1956 (fig. 139).

Antecedentes constructivos

Si bien sobre espacios de planta cuadrada o redonda se concibe la bóveda de media naranja como prototipo renacentista, sería la bóveda de planta ovalada o elíptica la elegida para cubrir un espacio rectangular. Como ejemplos teóricos, Vandelvira presenta en su *Libro de traças de cortes de piedras* una serie de capillas ovales mediante seis modelos. Sin embargo, con objeto de sortear los inevitables problemas que pueden plantearse en este tipo de soluciones, es frecuente encontrar en sustitución de las bóvedas ovales, la bóveda compuesta, cuya imposta viene definida por un rectángulo central rematado por dos semicircunferencias en sus extremos. O lo que es lo mismo, dos cuartos de esfera en sus extremos y una zona central en bóveda de cañón. Esta figura, que también ha sido denominada “óvalo imperfecto” por Lotz y otros autores, recibía el nombre de figura lenticular en los tratados del siglo XVI, como

el de Juan Pérez de Moya (1573, p. 16), un matemático muy leído por los arquitectos españoles de la época.⁵⁵

Es difícil saber quién propuso esta solución, el propio Machuca o los consejeros castellanos del emperador, pues se puede encontrar tanto en la antigua Roma como en la tradición hispano-árabe. Los mismos palacios nazaríes ofrecían varios ejemplos de la combinación de bóvedas de cañón y medias cúpulas de madera, sobre todo en la Sala de la Barca, construida durante los años centrales del siglo XIV y en las tres pequeñas alcobas que se extienden a lo largo de la Sala de los Reyes, en el extremo oriental del Patio de los Leones. Puede que estos techos sean versiones islámicas en madera de las bóvedas romanas utilizadas en las salas semicirculares de los Baños de Trajano, Caracalla y Diocleciano, aunque en el último de éstos suele darse una clara ruptura (una diferencia de anchura o una pantalla de columnas) entre la bóveda de cañón del centro y las medias cúpulas de los extremos. En cualquier caso, ni esas salas romanas ni la primera forma del zaguán oriental pueden denominarse ovales en el sentido que otorga a este término el Renacimiento italiano.

Sin embargo, existen claros antecedentes renacentistas más cercanos, tanto constructiva como geográficamente. Por un lado, en Andalucía, la bóveda sobre el altar de la sacristía mayor de la catedral de Sevilla, proyectada por Diego de Riaño y terminada en torno a 1534, aunque atribuida erróneamente durante mucho tiempo a Diego de Siloé por parte de Gómez-Moreno (Morales 1984). Por otro lado, la bóveda que cubre la antecapilla de Junterón en la catedral de Murcia concebida por Jacopo Torni, quien ejercería la maestría mayor de la Diócesis de Cartagena hasta su muerte en 1526, pero ejecutada sin embargo por su sucesor en el cargo, Jerónimo Quijano. Menos conocida, pero igual o más relevante desde el punto de vista arquitectónico, encontramos la bóveda del crucero en la Iglesia de Santa María del Salvador en

⁵⁵ “Trata de otras figuras, q(ue) dizen Mixtas. / Otras figuras ay lineales, que son Mixtas, ò compuestas de las que hasta aqui se han tratado, assi como la le(n)ticular, que se compone de dos semicírculos ò d(e) dos porciones mayores, ò menores de circulo, y de un quadrado, o Paralelogramo, desta manera.” En Perez de Moya, J., 1573. *Tratado de Geometría Práctica y Speculativa por el bachiller Iuan Perez de Moya natural de Santesteban del Puerto*.

Chinchilla de Montearagón (fig. 140), igualmente ejecutada por Jerónimo Quijano, y contemporánea de la bóveda de Junterón, puesto que ambas fueron aparejadas en torno a 1541 según la documentación analizada por diversos autores (Gutiérrez-Cortines 1977, p. 2-11; Calvo et al. 2005, p. 137; Salcedo y Calvo 2014). Ambas se resuelven geométricamente de la misma manera, superficie cilíndrica en el centro y cuartos de esfera en los extremos, o lo que es lo mismo, bóveda de cañón central rematada por dos bóvedas de horno. Sin embargo son distintas en su ejecución, puesto que el cupulín de Junterón se materializa con gallones, mientras que la bóveda de Chinchilla combina casetones en la parte inferior y gallones en el remate superior.

En Granada encontramos también un posible antecedente formal que Diego de Siloé diseñó para la catedral en 1528, concretamente para la cúpula del trascoro. Aunque nunca se llegó a ejecutar, sobre la actual bóveda nervada situada por encima de este cruce aún puede verse la base “oval” para la linterna como parte del proyecto original de Siloé o como una alteración posterior: “Quedó a medio hacer el anillo elíptico y cuerpo de luces para la media naranja que él proyectó sobre el trascoro tres años antes de morir” (Gómez-Moreno 1892, p. 260). Esta cuestión ha suscitado debate, aunque Rosenthal, basándose en sus análisis y en trabajos anteriores, concluye sin ninguna duda que la bóveda del trascoro fue una parte importante del proyecto de Siloé de 1528.

Es conveniente recordar que, pese a que la bóveda no se ejecuta hasta el siglo XX, ya en el siglo XVI se construyen los muros del zaguán sobre los que se alzaría. Por tanto, parece que los constructores del siglo XVI vieron en esta figura lenticular una solución práctica ante la falta de conocimientos teóricos de figuras más complejas como óvalos y elipses, convirtiéndose en una solución recurrente.

Levantamiento y análisis

El objetivo es analizar la geometría de la planta lenticular de la bóveda, su configuración volumétrica, así como la disposición del despiezo del intradós. Se han tomado 16 fotografías, y el resultado es una nube de aproximadamente 1150 puntos. Tras el tratamiento pertinente con los programas específicos para ello, el resultado final son plantas y secciones que representan la forma y despiezo de la superficie de intradós. El error máximo, según Photomodeler, es 0,011 metros.

f139. Zaguán oriental del palacio de Carlos V.

f140. Bóveda del crucero en Santa María de Chinchilla de Montearagón.

Como ya se ha apuntado, estamos ante una planta compuesta, o lenticular, que consiste en un rectángulo con dos semicírculos en sus extremos (fig. 141). Se observa que la bóveda vista en planta se ajusta perfectamente a las hipótesis formuladas al comienzo desde el principio, puesto que el perímetro coincide con lo que hemos definido como “figura lenticular”, es decir, un rectángulo con dos semicircunferencias en sus lados más pequeños. Se ha comprobado sobre el levantamiento, mediante programas CAD, que todos los puntos levantados del intradós se aproximan con bastante exactitud a una superficie esférica en los extremos de la bóveda, y cilíndrica en la parte central. Estas cuestiones permiten afirmar a priori que la bóveda está resuelta por una combinación de bóveda de cañón en la parte central, y dos bóvedas de horno o cuarto de esfera que rematan sus extremos, coincidiendo los centros de las esferas con los extremos del eje de la bóveda de cañón. Sin embargo, si observamos la sección obtenida, observamos que aunque la superficie es cilíndrica en el centro, no es una bóveda de cañón completa. Igualmente, las bóvedas de horno de los extremos no son exactamente cuartos de esfera, sino superficies esféricas algo menores. Esto se debe a que los centros de las esferas, así como el eje del cilindro, están situados por debajo de la imposta de la bóveda. En cualquier caso, la bóveda se ha ejecutado de manera que los centros de las esferas coinciden con los extremos del eje del cilindro.

En planta observamos cómo los lechos, o juntas entre hiladas, se representan como nuevas figuras lenticulares (rectángulos y semicircunferencias) equidistantes al perímetro de la bóveda, mientras que en sección se representan como líneas horizontales. Por tanto, podemos decir que estamos ante un sistema de paralelos o hiladas horizontales. Asimismo, dependiendo del tramo de la bóveda en el que se encuentren, y siguiendo la geometría que se observa en el levantamiento, podemos definir cómo se generan los lechos y juntas de la bóveda (fig. 141).

Los lechos de las bóvedas de horno quedan definidos por una familia de conos con vértice en el centro de la esfera de intradós en el caso de las bóvedas de horno, mientras que en la bóveda de cañón los lechos quedarán configurados por los planos de un haz que tiene por eje una recta horizontal que pasa por el centro del cilindro.

Las juntas de las bóvedas de horno están determinadas por planos verticales meridionales de la superficie esférica. Estos planos cortan al intradós según arcos de circunferencia, que se proyectan en planta como rectas convergentes al centro, y como arcos de elipse en sección. En cambio, en la bóveda de cañón las juntas vienen

definidas por planos verticales perpendiculares al eje de la bóveda, lo cual genera arcos de circunferencia representados como rectas en planta, y vistos en verdadera magnitud en sección. Es importante destacar que, aunque el entramado de juntas y lechos es distinto según el tramo de la bóveda (de cañón en el centro y de horno en los extremos), las hiladas horizontales establecen sistemas de continuidad en las zonas de transición (fig. 142).

El problema de esta bóveda se reduce, una vez más, a la “Capilla redonda en vuelta redonda”, que ya se ha mencionado anteriormente. Basta ejecutar dos bóvedas de horno, es decir, dos cuartos de naranja, para disponer los extremos la bóveda, unidos por una bóveda de cañón. Para analizar la traza y labra de esta bóveda tendremos que diferenciar sus tramos, y estudiar de manera independiente sus esquemas formales y constructivos.

Nos encontramos en este caso con la bóveda de cuarto de esfera, por lo que, al igual que bastará la plantilla de la cara interior de la dovela para poder tallarla. Las plantillas de intradós se pueden obtener por el método empleado por Vandelvira en la bóveda de naranja, desarrollando conos que pasan por dos lechos sucesivos y tienen su vértice en el eje del haz de planos meridionales. El eje de los conos es vertical, perpendicular a la imposta, por lo que las juntas de lecho son horizontales formando un sistema de paralelos en hiladas horizontales.

En cuanto a la franja intermedia entre las dos bóvedas de naranja, no presenta ninguna dificultad, puesto que las dovelas de una bóveda de cañón se pueden ejecutar, como las de un arco de medio punto. Habrá después que colocarlas contrapeadas para asegurar la trabazón de la bóveda. Más dificultades ofrecen las dovelas que corresponden a la unión de las bóvedas en cuarto de esfera y las bóvedas de cañón. Se alternan las hiladas, por un lado las que se disponen juntas en la transición entre los cuartos de esfera y el medio cilindro, y por otro las que disponen una pieza de unión con un intradós en parte esférico, en parte cilíndrico.

De manera que el problema sólo se presenta en un número concreto de dovelas, siendo además iguales las de la misma hilada. En principio, no ofrece dificultades el trazado de una plantilla para este singular intradós: bastará con desarrollar un cono como vimos al tratar de la capilla redonda en vuelta redonda, y trazar tangentes por los extremos de los lechos, ya que el desarrollo del cilindro del cañón es un rectángulo.

f141. Zaguán oriental del palacio de Carlos V. Planta.

f142. Zaguán oriental del palacio de Carlos V. Secciones.

Ahora bien, esta plantilla resultaría de escasa utilidad, porque ya vimos en su momento que la plantilla de intradós de la Capilla redonda en vuelta redonda se aplica sobre una superficie esférica a la que se ha dado forma previamente con una cercha; no es fácil imaginar cómo se podría materializar previamente con cerchas y baiveles la superficie compuesta de un fragmento de esfera y otro de cilindro del intradós de esta dovela.

Podríamos pensar que la labra de este tipo de dovelas se realiza por robos. El proceso pasaría por trazar la planta de la dovela y el contorno de las juntas entre dovelas de la misma hilada, que están dispuestas en planos verticales y son iguales. Hecho esto, se labraría un bloque con la planta de la dovela y altura igual a la diferencia de cotas entre los dos puntos más alto y más bajo de la dovela, que son la junta de trasdós del lecho y la junta de intradós del sobrelecho. Sobre las caras laterales de este bloque se podrían marcar las plantillas que corresponden a las juntas entre dovelas de la misma hilada. A continuación se podrían labrar tiradas uniendo los vértices de ambas caras laterales con ayuda de cerchas con una porción recta y otra curva, y materializar las superficies cónicas y planas de los lechos con ayuda de la regla. Hecho esto, se podría labrar una tirada en el intradós de la pieza con ayuda de la cercha, para materializar el meridiano que separa la porción esférica de la cilíndrica, lo que permitiría labrar una y otra con ayuda de la cercha y la regla, respectivamente.

Conclusiones

Nos encontramos en este caso ante una pieza diseñada y ejecutada en circunstancias especiales. Por un lado, sabemos que Machuca diseñó esta estancia con una geometría oval, aunque su trazado no se aproxima a las construcciones concebidas en esa época por Peruzzi y Serlio. Podemos decir, pues, que Machuca traza una geometría de forma intuitiva, intentando adelantarse a su tiempo, y sin embargo llegando a un trazado difícil de ejecutar.

Óvalos y elipses son figuras geométricas que, si bien, se usaban con frecuencia en la práctica constructiva, eran casi desconocidas a nivel teórico. Es decir, en el siglo XVI ambas figuras eran empleadas, aunque en el ámbito de la construcción arquitectónica no se usaba el término elipse y no se relacionaba su generación con uno de los tipos de sección plana de un cono. En cuanto al óvalo, los tratados renacentistas a menudo se refieren a los perfiles ovales como arcos “rebajados” o “carpanel”. Por este motivo probablemente sus ejecutores cambian el trazado propuesto por una geometría

lenticular, mucho más fácil de materializar, especialmente en lo que respecta a la bóveda, cuya traza y labra habría requerido un gran conocimiento de la estereotomía. Aunque la bóveda del palacio se materializa ya en el siglo XX, es a finales del XVI cuando se ejecutan los muros y se decide la forma lenticular del zaguán, cuando aún no se manejan con soltura estos trazados.

Wolfgang Lotz (1955, p. 11 – 15) ha situado convincentemente la aparición de este tipo de cúpulas oblongas a lo largo del siglo XVI y específicamente en los dibujos de Baldassare Peruzzi. Los diseños de cúpulas elípticas publicados en 1537 por Serlio, fueron según Lotz los que difundieron este tipo de cúpula por toda Europa. También encontramos este tipo de cúpulas en el tratado de Alonso de Vandelvira *Libro de traças de cortes de piedras*, escrito a finales del siglo XVI, que contiene seis modelos de bóvedas ovales. Sin embargo, debemos destacar las limitaciones a la hora de profundizar en la construcción de la bóveda de imposta lenticular compuesta puesto que apenas se menciona en los tratados, por lo que únicamente se puede ahondar en su conocimiento mediante el estudio de los levantamientos y otras bóvedas similares, como son los casos de Chinchilla y Junterón. Si bien, como ya hemos comentado, la construcción de este tipo de bóveda se resuelve mediante la combinación de bóveda de cañón y de horno residiendo su complejidad en los tramos de transición entre ambas piezas.

Por otro lado, el hecho de que la imposta de la bóveda no coincida con el eje de la bóveda nos hace plantearnos la naturaleza de esta decisión. Por un lado, puede denotar el carácter poco planeado del trazado de la bóveda. Esto es consecuencia lógica si tenemos en cuenta el devenir de los acontecimientos. En primer lugar Machuca elabora un trazado que podríamos considerar elíptico u oval, o ninguno de ellos puesto que no coincide con ninguno de los trazados propuestos en los tratados, ni parece seguir una lógica geométrica clara. Décadas después Minjares y de la Vega convierten ese trazado oblongo en una planta lenticular bastante más sencilla de trazar y construir. Finalmente, se remata la cubrición de este espacio siguiendo la planta ya construida cuatro siglos antes, por lo que es probable que se siguiera un esquema de forma intuitiva dejando poco espacio a la libertad de actuación, con unas condiciones espaciales limitadas. Por otra parte, esta construcción puede deberse a la voluntad de ejecutar un perfil rebajado como en bóvedas anteriores, y ante la falta de conocimientos por parte de sus ejecutores, reducir la altura del eje de la bóveda puede haber sido una opción. En cualquier caso, parece que habría sido mejor

solución una bóveda de perfil oval, como ocurre en el resto de bóvedas analizadas del palacio, en lugar de forzar una sección circular.

Dado que fue en el siglo XX cuando finalmente se cubrió el espacio del zaguán oriental del palacio, esta es la única bóveda de todas las estudiadas que no fue construida a lo largo del siglo XVI. Sin embargo, se ha incluido en este trabajo porque, como ya se ha comentado, su trazado lenticular fue realizado bajo la dirección de Minjares y Juan de la Vega pocos años después de que se ejecutaran las bóvedas de imposta lenticular en Chinchilla y Junterón. Además, a pesar de ser la más reciente de las bóvedas del palacio analizadas, fue ejecutada con técnicas renacentistas de cantería y dejando vista la piedra, como en el resto, seguramente para no romper con la imagen general del palacio. Sin embargo su estado de conservación y la exactitud en su geometría y su ejecución ponen de manifiesto que ha sido construida con posterioridad al resto de piezas analizadas.

3.4. La Real Chancillería

«La bóveda que sostiene los tramos de escalones es una interesante obra de cantería, hecha sin cimbra y de muy buen efecto, pues apoyándose únicamente en las paredes, no ha menester de columnas por su parte central»

Manuel Gómez-Moreno y González, 1892. *Guía de Granada*.

Contexto histórico y estado del arte

La construcción del edificio de la Chancillería de Granada surge tras la reforma judicial que los Reyes Católicos llevaron a cabo en 1500. Hasta finales del medievo, la justicia no se administraba en edificios específicos para esa función. En palabras de Vicente Lampérez, "Son el salón de un castillo, monasterio o palacio, el pórtico o el claustro de una iglesia, la casa particular de un magistrado y, a veces, el campo abierto, los locales donde se aloja el tribunal" (Lampérez [1922] 1993, vol II, p. 95). De hecho, cuando se empezó a pensar el uso de edificios destinados a la administración de justicia, estos se añadían a las cárceles como función secundaria, hasta que finalmente se decidió construir edificios específicos para estos fines.

Los Reyes establecieron un único tribunal de apelación en Castilla y dos Chancillerías o tribunales superiores de justicia, en sustitución de la antigua Audiencia Real. En un primer momento, las Chancillerías tendrían dos sedes, una en Valladolid y otra en Ciudad Real. Sin embargo, finalmente los monarcas decidieron trasladar la de Ciudad Real a Granada para darle más notoriedad a la recién conquistada ciudad. Así pues, el 8 de febrero de 1505 (Gómez-Moreno 1892, p. 401) llegó a Granada el Tribunal, formado por el presidente, oidores y oficiales, que tenía jurisdicción sobre toda Andalucía, reinos de Granada y Murcia, provincias de Extremadura y de la Mancha e Islas Canarias. Esta institución tendría validez hasta 1834, fecha en que fue sustituida por la Audiencia con jurisdicción sobre Almería, Jaén y Málaga (Gallego y Burín 1982, p. 329). En un primer lugar se instaló el Tribunal en la Alcazaba, donde se realizaron sendas ampliaciones que resultaron insuficientes para alojarlo, por lo que en 1526 el Emperador Carlos ordenó la construcción de un nuevo edificio en la Plaza Nueva. La falta de antecedentes arquitectónicos hace que la Chancillería de Granada cobre una especial relevancia, puesto que es donde se crea la primera fábrica específica para albergar un tribunal de justicia apareciendo la cárcel como un elemento secundario, y no al revés (López Guzmán 1987, p. 206). Si bien en Valladolid se situó el Tribunal en el palacio de los Vivero, acorde a la estética de las residencias nobiliarias, en Granada también sería la tipología palaciega la escogida para albergar la administración de justicia.

El edificio consta de dos partes, la Chancillería y la Cárcel, que quedan unidas por una crujía triangular, de manera que sus plantas forman un ángulo obtuso. La realidad es

que se conoce muy poco de la historia de su construcción, los autores de la traza, o la fecha en la que comenzaron los trabajos, aunque es probable que se iniciaran en la primera mitad del siglo XVI, en torno a los años 30, añadiéndose con posterioridad la fachada y la escalera, y quedando terminado el edificio en 1587 (Gómez-Moreno 1892, p. 403; Gallego y Burín 1982, p. 331).

En lo referente a su autoría, Gómez-Moreno (1892) señala a Juan de la Vega, quien en 1581 era maestro mayor de las obras de la Audiencia, con la colaboración del maestro cantero Martín Díaz de Navarrete, y el escultor Alonso Hernández para la decoración, mencionados previamente por Llaguno en sus *Noticias de la arquitectura y arquitectos de España* (1829), donde además había sugerido la posibilidad de que fuera el propio Juan de Herrera el tracista de la obra, lo cual es bastante improbable teniendo en cuenta la escasa relación entre el edificio y la obra escurialense. Si bien, es probable, como apunta Gómez-Moreno, que Juan de Herrera supervisara el transcurso de las obras, como solía ocurrir en las obras reales. Por otro lado, y aunque no hay documentación que lo confirme, todos los autores coinciden, sin embargo, en atribuir la traza y ejecución del patio y la primera parte de la obra a Siloé (Gómez-Moreno 1892, Gallego y Burín 1982, López Guzmán 1987, López Guzmán 1987) basándose en cuestiones estéticas, puesto que en el patio posee diversos elementos característicos de su obra, como las columnas o el entablamento pronunciado.

Debió construirse primero la parte del edificio correspondiente a la Chancillería en la zona delantera frente a la plaza. De planta cuadrada (fig. 143), tiene un patio central elevado con respecto al nivel de la plaza con una fuente en medio, al que se accede a través de un vestíbulo con una escalinata y una arcada de 5 vanos. El patio, construido probablemente hacia 1540, tiene dos cuerpos: el inferior, con columnas dóricas de mármol que soportan veinte arcos de medio punto con una esmerada decoración, y el superior, adintelado, con balaustrada y columnas jónicas sobre pedestales que sostienen la cornisa decorada con ménsulas. El extenso programa iconográfico de personajes ilustres ha sido analizado en profundidad por Miguel Ángel León Coloma (1988). En torno a esas galerías, se distribuyen las dependencias, restauradas en 1926, al igual que el patio. En la parte alta, hay una vidriera decorada con el escudo de Felipe II, y se cierra el conjunto con un techo de artesones hexagonales. La escalera fue obra del cantero Pedro Marín y sus esculturas las hizo Alonso Hernández (Gómez-Moreno 1892, p. 404; Gallego y Burín 1982, p. 333). En este punto, autores como Gómez-Moreno (1991, p. 21), Félez (1979, p. 166) y López Guzmán (1987, p. 207) destacan la

importancia del patio como una solución atemporal que va más allá de un estilo determinado, comparando el de la Chancillería con otros patios como el del palacio de Cogolludo o el del Hospital Real.

Sin embargo, el elemento más destacado del edificio, y que más debate ha suscitado en su estudio y análisis por parte de los historiadores, es su fachada (fig. 144). La fachada se añadió con posterioridad, en un intento de dotar a la audiencia de un envolvente arquitectónico digno de la función que en ella se realizaba, asumiendo la composición palaciega por vivir en ella su presidente, representante directo del Monarca.

Durante algún tiempo la fachada fue considerada obra de Juan de la Vega (Gómez-Moreno 1892), pero en virtud de la aparición posterior de documentos, quedó confirmada la hipótesis del profesor René Taylor, quien en 1976 había atribuido la traza de la fachada a Francisco del Castillo. Mientras que Gallego y Burín considera la fachada de la Chancillería como la primera floración del barroco granadino, Kubler (1957) sitúa sus precedentes en el manierismo italiano recordando los grabados de Serlio, y Taylor encuentra el precedente más directo de esta obra en un grabado que representa la fachada del Palacio Bocchi en Bolonia, conservado en el departamento de grabados y dibujos de los Uffizi, fechado en 1555 y ejecutado por G.B. Vignola (Taylor 1976). En palabras del propio Taylor, “Es casi como si se tratara de una obra italiana. Incluso los motivos arquitectónicos y ornamentales son una reminiscencia de Italia”. Todas estas cuestiones lo llevan a atribuir, aún sin pruebas documentales, la fachada a Francisco del Castillo, quien se encontraba por entonces en Granada para participar en el concurso de la catedral, habiendo trabajado en Roma en la Villa Giulia de Julio III. Además, Taylor se suma al análisis realizado por Kubler en su *Ars Hispaniae: Arquitectura de los siglos XVII y XVIII* de 1957 (vol. 14, p. 30) sobre la duplicidad estética de la fachada, puesto que existen notables diferencias entre la portada frontal y el resto de la fachada. Con posterioridad a las hipótesis de Taylor un grupo de investigadores murcianos, entre ellos Manuel Muñoz Barberán, encontró casualmente el testamento de Francisco del Castillo, que fue publicado en el diario *Ideal de Granada* en 1981. Pedro Galera Andreu se hace eco de la noticia, y publica en 1984 un artículo donde confirma que Francisco del Castillo había firmado su testamento como “Maestro Mayor de la Obra de la Real Audiencia”, lo cual corroboraría la teoría de Taylor, si bien no se hace mención explícita a la autoría de trazas. Finalmente, la tesis del Profesor Antonio Ángel Ruiz Rodríguez (1984), así como su

posterior trabajo junto a José Manuel Gómez-Moreno Calera e Inés María del Álamo “Francisco del Castillo, autor de la fachada de la Chancillería de Granada” (1989) confirman definitivamente lo anteriormente expuesto.

El promotor de la última parte del edificio la fachada y el zaguán de acceso, fue Don Fernando Niño de Guevara, quien fuera presidente del tribunal desde 1584 hasta 1590, año en que marchó Roma por orden del rey (López Guzmán 1987, p. 207). Éste supo entender a la perfección la problemática y las necesidades del edificio, de manera que la fachada debía estar acorde con la función del mismo. Niño de Guevara convocó un concurso para la traza y realización de las obras, presentándose con sus diseños el licenciado Lázaro de Velasco, quien propuso continuar el proyecto ya iniciado, y Francisco del Castillo, que propuso derribar lo hecho y empezar de cero una nueva obra (Ruiz Rodríguez 1984, p. 217). Al contrario de lo que ocurrió en el concurso de la catedral de Granada, en el que Lázaro de Velasco y Juan de Orea superaron a Castillo, aquí triunfó la propuesta de Castillo, la cual se aproximaba más a la idea de Niño de Guevara, concibiendo la fachada como emblema de poder, aún cuando la destrucción de lo realizado encarecería el proyecto. La fachada, que se divide en dos cuerpos con machos almohadillados, constituye la instalación física definitiva de la Chancillería en la ciudad, irrumpiendo a gran escala en la trama urbana. Por tanto, el gran edificio tendría un papel relevante en la definición de la ciudad marcando su diseño en años posteriores hasta la nueva definición barroca de Alonso Cano. El zaguán forma parte del conjunto de la fachada, y su cubierta sigue la tradición mudéjar. Es un espacio concebido como lugar de transición entre el exterior y el patio interior enlazando ambas partes. Además, al situarse en un nivel inferior con respecto al patio juega con la perspectiva magnificando el espacio interior, de la misma manera que ocurre en el palacio de Carlos V en el zaguán occidental.

En cuanto a la Cárcel, que dejó de serlo a fines del siglo XI, se construyó también a lo largo del siglo XVI. Tiene planta rectangular, dos patios, siendo el principal análogo al de la Chancillería, aunque más sencillo. En la parte posterior del edificio se alzan dos torres que fueron calabozos, y en sus otros dos lados grandes naves, restauradas como los patios en 1926, fecha en la que se instalaron aquí los Juzgados Municipales y de Instrucción. Su portada de piedra da vista a la calle de la Cárcel y tiene fecha de 1699, dato que indica una gran cartela con esta inscripción latina en la fachada.

Documentación gráfica existente

De la misma manera que existe escasa documentación histórica sobre el edificio, pocas son las muestras gráficas del mismo, a pesar de que su fachada es uno de los iconos de la ciudad, y uno de los elementos más simbólicos en la evolución urbanística granadina. En comparación con los otros grandes edificios estudiados, la catedral y el palacio, la documentación gráfica conocida es muy reducida, a parte de los grabados, vistas y planimetrías generales de la ciudad que venimos comentando a lo largo de este trabajo.

Al contrario de los edificios estudiados anteriormente, la Chancillería de Granada no queda representado en las vistas de Hoefnagel y Wyngaerde, puesto que en el periodo que éstos fueron realizados, entre 1563 y 1567, aún no había sido completado el edificio, ni construido su elemento más característico, la fachada, que como sabemos se terminó en 1587. Sin embargo, el edificio de la Chancillería, junto con el de la cárcel, sí aparece en la conocida *Plataforma de la ciudad de Granada*, de principios del siglo XVII, atribuida a Ambrosio de Vico, grabada por Francisco Heylan hacia 1613-1614, y copiada posteriormente por Felipe Prieto en 1795 (López Guzmán et al. 1984). El grabado, que no persigue fines proyectuales, representa únicamente lo construido hasta el momento, describiendo a la perfección la trama urbana “prebarroca” de principios del siglo XVII. La Plataforma presenta una vista en axonometría transoblicua de la ciudad de Granada, que no parece ser un sistema dominado con solvencia por Vico puesto que contiene algunas inexactitudes. En cualquier caso, es un valioso documento, testigo de las calles y edificios construidos, aportando una valiosa información del entramado urbano en torno a la Chancillería. También se intuye el volumen del edificio de la Chancillería en el grabado francés titulado *Profil de la Ville de Granade*, y su fachada queda perfectamente representada en otro grabado francés titulado *Vue de la Ville de Granade*, conservados actualmente en el Museo Casa de los Tiros, del que si bien, no conocemos su autoría, están fechados en el siglo XVII (fig. 145).

En cuanto a la representación planimétrica, la planta del edificio aparece en el plano general de la ciudad de Granada, realizado por el matemático Francisco Dalmau en 1796, en el plano de Alexandre de Laborde de 1806, y en el Plano de Granada llevado a cabo por Francisco Contreras en 1853. Por otro lado, de las dos vistas que realiza Guesdon en 1860 durante su visita a Granada, sólo en una queda representado el

edificio de la Chancillería, concretamente, en la vista que realiza desde el Generalife, siendo además una representación gráfica bastante rigurosa.

En 1906, se lleva a cabo el primer plano de la ciudad realizado con técnicas topográficas modernas. Es la *Planta de la Ciudad de Granada* de la Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico, siendo Ibáñez de Ibero el director de los trabajos. Esta planta servirá de base para posteriores planimetrías y planes urbanísticos, como por ejemplo el Plan General de Ordenación Urbana de Granada de 1982, que contiene un levantamiento fotogramétrico a escala 1/1000. En el Archivo de la Consejería de Cultura se conserva la documentación relativa al proyecto de rehabilitación del edificio de 1926, consistente en una serie de planos para lo que Pieta Moreno llevó a cabo una serie de levantamientos del mismo.

Todas estas representaciones del edificio quedan englobadas en proyectos de mayor envergadura, destinados a la representación urbana o de conjunto, y que en ningún caso tienen como objetivo la documentación del edificio de la Chancillería en concreto. Por tanto, no podemos afirmar que existan levantamientos previos precisos del edificio, ni generales ni de detalle, como es el caso de los levantamientos realizado en el presente trabajo.

Pese que el elemento más destacado y estudiado del edificio de la chancillería en Granada ha sido siempre su fachada, no será objeto de estudio en el presente trabajo puesto que, si bien no cabe duda de su valor, no presenta interés alguno desde el punto de vista geométrico y estereotómico. Por tanto será objeto de estudio la única parte del edificio que, sin embargo, consideramos una pieza de gran relevancia desde el punto de vista constructivo, la escalera del patio principal, cuya traza ha sido atribuida por diversos autores a Diego de Siloé, ejecutada por el cantero Pedro Marín, y finalizada en 1578.

f143. Planta y sección del edificio de la Real Chancillería. (Proyecto de rehabilitación por Prieto Moreno en 1926)

f144. Portada del edificio de la Real Chancillería. Granada

f145. Edificio de la Real Chancillería. Grabado francés del siglo XVII.

3.4.1. La escalera de la Real Chancillería

El patio principal de la Chancillería de Granada se organiza, como sabemos, en dos niveles que generan una galería en torno a la cual se distribuyen las distintas estancias que componen el edificio. En la esquina noroeste del patio se sitúa la escalera que da acceso al nivel superior, y que ha llamado la atención de los distintos autores e historiadores que han estudiado la construcción del edificio de la Chancillería (Gómez-Moreno 1892, Gallego y Burín 1982, Galera Andreu 1984, Ruiz Rodríguez 1984, López Guzmán 1987) (fig. 146).

Una arcada de tres vanos da acceso a la escalera, con arcos decorados con una elaborada ornamentación y frontones con escudos de los Reyes Católicos. La escalera se terminó en 1578 como indica la inscripción de uno de los remates del pasamanos, probablemente y según Vandelvira (c. 1585, f. 49r) y Gómez-Moreno (1892, p. 404), ejecutada por el cantero Pedro Marín con la escultura a cargo de Alonso Hernández, todo ello bajo la dirección de Juan de la Vega. La escalera se divide en tres tramos, encontrándose el primero de ellos apoyado directamente sobre el muro, mientras que los otros dos tramos apoyan sobre una bóveda que resulta muy interesante tanto por su peculiar geometría, como por su difícil ejecución, puesto que no apoya más que en el muro perimetral de la escalera, quedando volada en su parte interior. La pieza queda enriquecida por dos ventanas que la iluminan, y cuyos frontones interiores decoran águilas y niños con los emblemas de los Reyes Católicos y de los Austrias, además de un medallón con retrato de emperador Carlos.

López Guzmán (1987, p. 207) relaciona el esquema de la escalera con el palacio de Carlos V, puesto que ésta adquiere carácter imperial al abrirse al patio mediante tres huecos, si bien el esquema de tramos no se corresponde. En el palacio renacentista de la Alhambra las escaleras rompen el ritmo del paramento del patio para concentrar igualmente tres arcos donde se sitúan las escaleras. En este punto es importante recordar que, ante la falta de precedentes arquitectónicos en España de edificios destinados a la administración de justicia, la Chancillería adquiere una estética imperial semejante a la arquitectura palaciega renacentista, siendo su escalera uno de los ejemplos más representativos de ello.

Antecedentes constructivos

Antonio Bonet Correa define las escaleras imperiales en su trabajo *Introducción a las “Escaleras Imperiales Españolas”* (1975).

Las llamadas escaleras imperiales, creadas para espacios internos, pero con una categoría y un sentido de exterioridad, fueron la expresión de un momento de triunfo y esplendor de las ideas de autoridad y poder absolutos a partir de la segunda mitad del siglo XVI.

Bonet Correa, A. 1975. *Introducción a las “Escaleras Imperiales Españolas”*

El hecho de situar la escalera imperial en el interior de un edificio, o en una zona intermedia, como es el caso de la Chancillería, entre el patio y el interior, tuvo lugar por primera vez en España. En cualquier caso, las escaleras imperiales son de planta simétrica, como la escalera mayor de El Escorial (Wilkinson 1975), o, en el caso de Granada, como la escalera del convento de Santa Cruz la Real (López Guzmán y Gila 1992) (fig. 147). La primera escalera del Renacimiento hispánico, al menos en sentido amplio, es la del Colegio de San Gregorio de Valladolid, construida en torno a 1488 y 1496, y de dos tramos (Wethey 1964, p. 295). Sin embargo, a lo largo del siglo XVI se generaliza la construcción de 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 (Wethey 1964, Marías 1983). 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.

No podemos adscribir la escalera de la Chancillería a la tipología de escaleras imperiales, dadas sus reducidas dimensiones y su configuración, es decir, una escalera de tres tramos que no recurre a la simetría de tramos confluyentes, que la sitúa en torno a las escaleras claustrales en “C” (Bonet 1974, 1975, Marías 1983, Calvo 1999). Sin embargo, otro rasgo característico de este tipo de escaleras imperiales que sí encontramos en la escalera de la Chancillería es la monumentalidad, la cuidada ornamentación, y la más que probable intención de demostrar con su construcción la dignidad, el poder y la categoría del edificio, y por ende, de las personas usuarias del mismo, en este caso el Tribunal, que como sabemos actuaba en representación del Rey en su ausencia.

Existen algunas escaleras similares y contemporáneas a la escalera de la Chancillería. Algunos de sus antecedentes más notables son la escalera del Hospital de Santa Cruz de Toledo (fig. 148), o el Colegio de los Irlandeses de Salamanca, así como multitud de escaleras situadas en claustros. La más cercana e indudablemente parecida es, por un lado, la escalera del claustro del monasterio de la Victoria en Granada⁵⁶, obra del mismo autor que la escalera de la Chancillería, Pedro Marín (Vandelvira c. 1585, f. 56v). Por otro lado, la escalera del Convento de Santo Domingo en Orihuela, aunque su trazado geométrico no es exactamente el mismo puesto que presenta más de tres tramos al igual que la escalera de Toulouse, puede entenderse como un desarrollo de la escalera de tres tramos; aunque presenta claras relaciones con las clásicas escaleras valencianas (Zaragozá et al. 2012). En cualquier caso, cabe tener en cuenta cierta relación de ésta con la escalera de la Chancillería, lo cual no es de extrañar dada la cercanía geográfica y la estrecha relación artística que hubo entre Murcia y Granada durante el siglo XVI.

En cuanto a los escritos teóricos, los tratados españoles de cantería incluyen entre sus trazas piezas más allá de las bóvedas y los arcos. Un ejemplo de ello son los trazados de escaleras contenidos en estos manuscritos, “escaleras de cualquier tipo, desde los humildes husillos ocultos en los contrafuertes de las catedrales hasta las escaleras imperiales de los palacios españoles” (Calvo 2005a, p. 115). En general, estos escritos de cantería distinguen entre escaleras y “caracoles”, siendo el “Caracol de Husillo” (Vandelvira c. 1580, f. 50r; Aranda c. 1600, pl. 228; Portor 1708, 16v) el caso más sencillo. Éste se materializa con una sola pieza que resuelve la huella, la tabica, el machón central, la entrega y hasta el andamiaje, puesto que los propios escalones ya contruidos sirven a tal fin. Una variante del “Caracol de husillo” es el “Caracol de Mallorca” (Vandelvira c. 1580, f. 50v; Aranda c. 1600, pl. 248; Portor 1708, 15v), probablemente llamado así por las escaleras de los torreones en la Lonja de Mallorca (1426). Aquí, el tramo de machón correspondiente a cada peldaño no se dispone en el encuentro de dos radios, sino algo antes, dando lugar a un machón de directriz helicoidal, lo cual genera un pequeño ojo en el eje de la escalera.

⁵⁶ Abandonado en 1835 y posteriormente demolido. Sobre sus restos se construyó el Carmen de la Victoria, propiedad de la Universidad de Granada en la actualidad (Barrios 1998, p. 432-438).

f146. Escalera de la Real Chancillería.

f147. Escalera imperial en el Convento de Santa Cruz la Real. Granada

f148. Escalera en el Hospital de Santa Cruz. Toledo.

Por último, la Vía de San Gil o Vis de Saint Gilles, que debe su nombre a la escalera de la abadía de Saint Gilles, en Languedoc. Se trata de una pieza muy conocida y valorada, puesto que es en realidad una bóveda anular, como la del palacio de Carlos V, con la dificultad añadida de la pendiente. Tanto Vandelvira (c. 1580, f. 52v) como Aranda (c. 1600, pl. 232) la resuelven por robos empleando también plantillas, al igual que Philibert (1567, f. 125v), que basa su método en la escuadría, si bien utiliza con frecuencia las plantillas y baiveles.

En cuanto a las escaleras propiamente dichas, el tipo más extendido es la “Escalera Adulcida en Cercha” (Vandelvira 1580, f. 56v-58r), comúnmente conocidas como “escaleras claustrales”. Se resuelve mediante varias zancas, usualmente tres⁵⁷, de directriz curva en alzado. Para materializar este tipo de piezas es frecuente encontrar las juntas de lecho perpendiculares a los paramentos en los que apoya la escalera. Sin embargo, Vandelvira propone una solución distinta, de manera que las juntas de lecho se disponen en planos verticales paralelos a los paramentos. Este es el caso de la escalera de la Chancillería de Granada y la del monasterio de la Victoria. Es más, de hecho, el propio autor pone como ejemplo de “Escalera Adulcida en Cercha” la escalera claustral de la Chancillería, dato especialmente relevante en comparación con las clásicas escaleras valencianas de juntas perpendiculares a los muros de la caja, a las que el texto no hace referencia. Vandelvira define cada uno de los tramos de la bóveda, correspondientes a cada una de las zancas, como un “arco capitalizado”, de manera que cada una de las juntas tenga una curvatura diferente para rigidizar así la zanca, y que cada una de las hiladas apoye sucesivamente una sobre otra, desde el interior hasta el exterior, es decir, desde la hilada más lejana a los muros, hasta la que apoya en ellos. Vandelvira advierte que “porque los rincones no van engauchidos sino a borneo, se labran por plantas, más salido de los dichos rincones porque van los arcos engauchidos se han de trazar sus piedras por robos” (c. 1580, f. 56v-58r). Es decir, los rincones, que corresponden a los encuentros entre zancas donde se ubican las mesetas, se ejecutarán como planos inclinados y no como superficies alabeadas, mientras que las zancas de cada uno de los tramos de la escalera sí vienen definidas

⁵⁷ Aunque el caso más frecuente en la práctica constructiva es la escalera claustral de tres tramos en “C”, también hay algunos ejemplos de dos tramos, como el Palacio de la Vila en Ontinyent, o más de tres, como en los casos de Toulouse y Orihuela.

por superficies “engauchidas” o alabeadas. En cualquier caso, a pesar de ponerla como ejemplo, el mismo Vandelvira reconoce no conocer con exactitud el despiezo y la geometría de la escalera de la Chancillería en Granada. Además, ofrece el ejemplo de la escalera claustral construida también por el cantero Pedro Marín en el monasterio de la Victoria en Granada (fig. 149).

Como ocurría con los “caracoles”, existe también una variante algo más compleja de esta pieza, conocida como “Escalera en regla aduclida” (Vandelvira 1580, f. 59v). Vandelvira incluye en su manuscrito esta solución, que fue posteriormente ejecutada por Miguel de Zumárraga en una de las escaleras de la Lonja de Sevilla una vez que Vandelvira había abandonado la dirección de las obras (fig. 150). En este caso las juntas de lecho no se disponen paralelas a los paramentos verticales de la caja, sino perpendicular a ellos, de manera que el borde interior de la zanca, es decir, el que no apoya en el muro, es recto. Sin embargo, este borde no se presenta paralelo al que cae en el muro, sino que se le da mayor pendiente por varios motivos. Por un lado, el borde libre de la zanca posee un recorrido más corto que el que apoya en los paramentos verticales, de manera que si queremos que ambos cubran el mismo desnivel, el extremo libre y más corto debe presentar mayor pendiente. Por otro lado, se consigue que la zanca no sea plana, aportándole mayor rigidez. De hecho, el intradós de la zanca viene dado por la superficie generada por una serie de juntas de intradós contenidas en planos verticales paralelos entre sí, ya que son perpendiculares al muro de la caja; y además se impone la condición de que estas juntas de intradós han de pasar por los bordes interior y exterior de la zanca, que son dos rectas que se cruzan. Por tanto, encontramos aquí una porción de paraboloides hiperbólicos, muy anterior a la aparición de esta superficie en los manuales de Geometría Descriptiva.

Por otro lado, y con posterioridad al manuscrito de Vandelvira (c. 1585), Juan de Portor también ofrece algunas soluciones similares, siendo su *Cuaderno* (1708) el tratado de cantería que más profundamente aborda esta cuestión. Portor expone siete modelos de escaleras, agrupadas en dos tipos según la disposición de las juntas con respecto a la testa de la zanca, paralelas o perpendiculares. Igualmente analiza diversas soluciones con zancas rectas, curvas, o una combinación de ambas (Portor 1708, f. 21 - 28). De la misma manera, Portor menciona de forma explícita la escalera de la Chancillería granadina como arquetipo de su “Escalera capialzada engauchada” (Portor 1708, f. 26r), que resuelve de forma similar a Vandelvira.

f149. Escalera Adulcida en Cercha.
Vandelvira (1580, f. 58r)

f150. Escalera en regla Adulcida.
Vandelvira (1580, f. 60r)

Sin embargo, Portor va más allá en la representación gráfica de estas escaleras y dibuja vistas auxiliares de las juntas perpendiculares a las hiladas, con vistas frontales de los planos que contienen estas articulaciones. Así mismo, el dibujo muestra todas las juntas que definen cada una de las dovelas en verdadera magnitud, gracias a que representa la vista frontal de todos los planos que contienen las juntas (Carvajal 2011b).

Levantamiento y análisis

Para analizar la geometría de la bóveda configurada por las zancas de la escalera de la Chancillería y conocer su despiece y posterior análisis constructivo, se han llevado a cabo levantamientos arquitectónicos mediante fotogrametría de imágenes cruzadas de todo el conjunto, llegando al detalle de las dovelas y las juntas que configuran la superficie de intradós. Las fotografías se han procesado mediante PhotoModeler Scanner, que ha informado de un error máximo de 0.006 metros, lo cual es un dato bastante aceptable puesto que el grosor medio de las juntas entre dovelas es de 2cm. La nube de puntos obtenida ha sido tratada posteriormente con programas CAD como Autocad y Rhinoceros para llegar a la elaboración de una representación gráfica rigurosa, de manera que la bóveda ha sido representada con las imperfecciones propias fruto de la construcción. Se han tomado 10 fotografías, obteniendo 47 puntos que representan la superficie de intradós que configura la bóveda bajo la escalera.

La escalera situada en el patio de la Chancillería es una escalera claustral de tres tramos con un protagonismo indiscutible dentro del edificio, equiparable a las escaleras imperiales. Sin embargo, a pesar de la relevancia de la pieza en cuanto a ornamentación y simbología, la importancia desde el punto de vista constructivo reside en la bóveda que sustenta las zancas del conjunto. Si bien la escalera tiene tres tramos en total, solo dos de ellos apoyan completamente sobre la bóveda, puesto que el primero cae sobre el muro en los dos lados de su zanca. Por tanto, el estudio geométrico se centrará exclusivamente en la bóveda y la superficie generada por la disposición de sus dovelas.

La planta de la escalera, en su totalidad, es un rectángulo de 9 x 6 metros, lo que equivale a unos 32 x 22 pies, y en sección, sus zancas salvan un desnivel de 5 metros, cerca de 18 pies (fig. 151). En cambio, si analizamos únicamente la parte de la escalera correspondiente a la bóveda, observamos que su planta se inscribe en un cuadrado de 6 metros de lado, unos 22 pies, salvando en altura un desnivel de 3,85 metros, o lo

que es lo mismo, unos 13 pies. La zanca del primer tramo tiene 2,80 metros de ancho, unos 10 pies, mientras que la zanca del segundo tramo presenta un ancho de 2,95 pies, unos 10 pies y medio.

De la misma manera que propone Vandelvira en su “Escalera Escalera Adulcida en Cercha” (Vandelvira 1580, f. 56v-58r), las juntas de lecho se disponen rigurosamente de forma paralela a los muros sobre los que apoyan las zancas de la escalera, siendo perpendiculares a ellas las juntas entre dovelas. Se generan así 9 hiladas que son continuas en ambas zancas de la bóveda, respetando siempre la solución de paralelismo con los paramentos perimetrales. De esta forma, en el “rincón” donde se produce el encuentro entre las hiladas de las distintas zancas, perpendiculares entre sí, se generan unas dovelas en forma de L que configuran la diagonal del “rincón” asegurando así la continuidad de las hiladas en ambas zancas de la bóveda.

Si pasamos a analizar las secciones de la pieza, dadas éstas por ambas direcciones ortogonales y paralelas a las zancas, observamos que la teoría de Vandelvira recoge la solución adoptada en esta pieza, de manera que las juntas de lecho no sólo son paralelas a los muros en planta, sino que adquieren distintas curvaturas en el plano vertical generando así una superficie alabeada que aporta rigidez a la zanca. El arranque de la primera zanca, como se observa en la sección perpendicular a ella, presenta también cierta curvatura que contribuye igualmente a la rigidez de la pieza. Conforme aumenta la altura de la zanca observamos cómo algunas hiladas se elevan más que otras, es decir, cada hilada alcanza una cota algo mayor que la anterior cuanto más se aleja del muro perimetral, de la misma manera que indica Vandelvira en su manuscrito. De esta forma se conducen los empujes al muro, lo que contribuye a que sean innecesarios más apoyos intermedios. La segunda zanca se desarrolla de la misma manera, elevando de forma progresiva, las hiladas más alejadas del muro. En este caso el arranque de la zanca nace del desembarco de la zanca anterior, que como comentábamos, presenta un fuerte desnivel por la disposición inclinada de sus hiladas (fig. 152).

Al analizar el encuentro entre zancas en la zona de la meseta, o en el “rincón” de la escalera, observamos que Vandelvira no sigue la solución de la Chancillería en la traza contenida en su texto. En la escalera de la Chancillería se observa claramente como las hiladas del primer tramo continúan en la meseta siguiendo la directriz curva igual que en el tramo de la zanca, de la misma manera que las hiladas del segundo tramo arrancan con directriz curva desde el “rincón”, iniciando aquí la superficie alabeada de

la zanca. Esto contraviene en parte las indicaciones de Vandelvira, quien propone labrar de forma distinta meseta y zanca, materializando la meseta como un plano inclinado y no como una superficie alabeada. En cualquier caso es cierto que, a pesar de que es evidente que el “rincón” no es una superficie plana, en las secciones de la pieza se advierte cómo, al llegar a la meseta, la curvatura de las hiladas se reduce de forma considerable, por lo que el alabeo en este tramo es bastante menos pronunciado que en las zancas.

Al encontrarse las hiladas contenidas en planos verticales paralelos a los muros, podemos observarlas en verdadera magnitud en las secciones analizadas. Como ya sabemos, no hay dos hiladas iguales puesto que cada una de ellas presenta una curvatura distinta, y además, las hiladas no mantienen una curvatura constante puesto que en el tramo de la meseta ésta se reduce notablemente. Sin embargo, en las secciones observamos con claridad que, en los tramos correspondientes a las zancas, las hiladas presentan una curvatura que los aproxima a arcos de circunferencia.

Conclusiones

La bóveda bajo la escalera de la Chancillería de Granada se presenta como un caso digno de estudio debido a su curiosa ejecución. La pieza muestra sin duda un gran dominio del arte de la cantería, así como profundos conocimientos geométricos por parte de sus ejecutores, que afrontan un problema constructivo complejo de forma elegante estéticamente, y práctico desde el punto de vista de su ejecución. Además, la importancia de esta pieza queda sobradamente manifestada al ser incluida como modelo de “Escalera Adulcida en Cercha” en el manuscrito de Vandelvira.

Como muestran los levantamientos, el despiezo de intradós se corresponde en gran medida con la solución propuesta por Vandelvira, disponiendo sus hiladas en paralelo con los muros de la caja, e imprimiendo una curvatura distinta a cada una de las juntas de lecho de manera que se genera un “arco capialzado”, quedando las hiladas interiores más elevadas, y las exteriores a una cota inferior. Esta solución es en realidad bastante inteligente, puesto que aporta rigidez a la zanca alabeando su superficie, y consigue que los esfuerzos caigan directamente sobre el muro evitando más apoyos que éste.

1 5 metros
5 15 pies castellanos

f151. Escalera de la Chancillería. Planta y sección

f152. Escalera de la Chancillería. Perspectiva militar.

Además, aunque probablemente no fuera esa la intención primera de sus ejecutores, esta solución da lugar a una superficie alabeada de una gran belleza por su movimiento y plasticidad, con una gran complejidad.

Sin embargo, y a pesar de sus numerosas similitudes, no podemos adscribir esta escalera a la “Escalera aduicida en cercha” de Vandelvira, puesto que como los levantamientos han demostrado, la solución de la Chancillería no sigue su propuesta en la materialización del “rincón” de la bóveda como un plano inclinado. Ya en 2005, José Calvo intuía que, a pesar de que Vandelvira pone como ejemplo esta pieza en su manuscrito, la escalera de Granada no cumplía con esta premisa en su trazado, lo cual ha quedado completamente demostrado tras los levantamientos y el análisis realizados.

(...) las mesetas de los rincones serán planas, mientras que las zancas que van de unas a otras mesetas materializan una superficie engauchida o alabeada. Es curioso comprobar que no es ésta la solución adoptada en la Chancillería granadina (...) bien es verdad que el propio Vandelvira admite que no conoce en todos sus detalles la escalera granadina.

Calvo López, J. 2005. *Estereotomía de la piedra*.⁵⁸

Sin embargo, Vandelvira no se alejó demasiado de la realidad, puesto que, aunque como hemos visto, las juntas entre hiladas siguen siendo curvas en su encuentro en el “rincón” continuando así la superficie alabeada de las zancas, el autor de la escalera, probablemente de forma intuitiva, reduce notablemente en este tramo la curvatura de las mismas. Por tanto, sin llegar a ejecutar el “rincón” como un plano inclinado, sus ejecutores ya intuyeron que la solución ideal pasaba por asemejarse lo más posible a ello.

Por último, destaca la regularidad de la superficie, en lo que se refiere al desfase entre juntas, puesto que la diferencia de cota entre hiladas sucesivas es siempre constante. Además, y como ya observamos en los resultados de los levantamientos, dentro de lo “irregular” del trazado de las juntas de lecho por los cambios de curvatura entre ellas, incluso en la misma junta, se advierte un intento de normalizar su trazado, ejecutándolas siempre como arcos de circunferencia en la zona inicial de cada tramo, es decir, en la parte correspondiente a las zancas antes de llegar al encuentro en el

⁵⁸ En *Máster de restauración del patrimonio histórico. Intervención y técnicas*, p. 115 - 151

“rincón”. En cualquier caso, además de servir de ejemplo a Vandelvira, no cabe duda de la singularidad de este tipo de escaleras, poco frecuentes en la práctica, frente a las tradicionales escaleras valencianas que, al contrario que aquella, presentan las juntas perpendiculares a los muros perimetrales.

3.5. El palacio de los Condes de Castillejo

«Frente a la Casa de los Tiros y al medio de una calle bien angosta hay una casa cuya entrada de caprichosa y difícil construcción, excita la curiosidad de los artistas»

José Giménez Serrano, 1846. *Manual del Artista y del viajero en Granada*.

Contexto histórico y estado del arte

Se desconoce el origen del palacio de los Condes de Castillejo, en la Calle de Ballesteros de Granada⁵⁹, aunque debió de ser similar al de otros palacios ubicados en la zona. Algunas fuentes bibliográficas atribuyen la portada del palacio e incluso su traza, al arquitecto Diego de Siloé o a su círculo (Giménez Serrano 1846, p. 315; Gómez-Moreno 1892, p. 212; Valladar 2000, p. 508), lo que permitiría, de ser cierto, establecer su fecha de construcción a mediados del siglo XVI. Giménez Serrano (1846, p. 315) denomina al palacio como “Casas de Siloé” en su *Manual del Artista y del viajero en Granada*, y asegura que es ésta la casa donde vivió y murió el arquitecto, basándose en el escudo de armas que luce sobre la puerta, correspondiente a los Bazanes, familia de su esposa Ana de Bazán. Además, atribuye a Siloé la autoría de algunas partes del edificio.

Las armas de los Bazanes están sobre la puerta y por consiguiente se cree con algún fundamento que fue la casa donde vivió y murió Diego de Siloé. A lo menos son suyos los capiteles del patio, los querubines del friso de la cabeza, los mascarones y las bichas de una fuente del patio y otros tallados en madera que hay en los techos. Otros sostienen que vivió en los Cuchilleros, en una casa que hoy es taberna, pero que conserva un buen frontispicio en el balcón, con un gracioso guerrero en el tímpano.

José Giménez Serrano, 1846. *Manual del Artista y del viajero en Granada*

Sin embargo, tanto Gómez-Moreno (1892, p. 212) como Francisco de Paula Valladar ([2000] 1906, p. 508) mantienen una postura distinta con respecto a estas afirmaciones. Si bien reconocen el estilo de Siloé en la construcción, sin descartar la posibilidad de su participación en el diseño de la construcción, definitivamente creen que éste no residió nunca en el palacio. Concretamente, Valladar puntualiza que el escudo no es

⁵⁹ La bibliografía específica sobre el palacio es muy escasa, siendo las referencias más completas las de López Guzmán, Rafael “Tradición y clasicismo en la Granada del XVI. Arquitectura civil y urbanismo” 1987, p. 450-451, y Jerez Mir, Carlos “Guía de arquitectura de Granada” 2003, p. 170.

exactamente de la familia Bazán, sino de una de las ramas de ésta, por lo que son erróneas las conclusiones elaboradas en base a esta premisa.

A la entrada de la calleja de Ballesteros está la casa del Conde de Castillejo, cuya puerta ábrese en la misma esquina formando ochava y encima avanza un atrevido arco en forma de luneto, para dejar cuadrada la habitación alta, a la que corresponde un balcón, partido en dos por una columna de madera situada en el ángulo; todo ello revela el estilo de Siloé, por quien acaso fuera trazado, pero es enteramente inexacto que aquí habitase.

Manuel Gómez-Moreno, 1892. *Guía de Granada*.

Creyose, sin serio fundamento, que la casa del famoso arquitecto es la que está situada frente a la Casa de los Tiros y cuya puerta de entrada abierta en el corte de un ángulo ostenta las armas de los Bazanes. La razón de creer fuera esta la casa, está precisamente en este escudo, porque Siloe estuvo casado con doña Ana de Bazán; pero ni consta que esta señora perteneciera a la familia de los marqueses de Santa Cruz, ni el escudo es precisamente de estos, sino el de una de las ramas de aquellas.

Francisco de Paula Valladar, (1906) 2000. *Guía de Granada*

El palacio se ubica entre la calle de San Matías y el convento de Santa Cruz la Real (fig. 153). Esta zona, como extensión del área delimitada por dicha calle y el cauce del río Darro, sufrió una importante remodelación a principios del s. XVI, como consecuencia de la implantación de los nuevos criterios urbanos castellanos. Tras la expulsión de los judíos de la ciudad en 1492, se lleva a cabo la demolición del barrio de la judería cuya disposición interior guardaba la estructura orgánica del urbanismo musulmán, con calles estrechas y sinuosas y viviendas angostas. Se transforma la ciudad baja en base a los nuevos esquemas de ordenación: calles de trazado rectilíneo, edificios de uniforme arquitectura y pequeñas plazas que van ocupando progresivamente el lugar.

Prueba de esta regeneración con los escritos de Antonio de Lalaing, señor de Montigny y acompañante de Felipe el Hermoso en su visita a Granada en 1502, acerca de las calles Zacatin y Alcaicería: “Las casas eran pequeñas, por cuyo motivo el Rey y la Reina hicieron derribar algunas de estas calles, mandándolas hacer muy anchas y grandes, obligando a los habitantes a construir casa a la manera de España” (Riaño 1884). En palabras de Francisco de Paula Valladar, la Reina Isabel “no quiso

apropiarse cosa ni pecho alguna de dicha nueva ciudad, ni su recinto y término, sí que lo repartió a proporción entre los Caballeros más ilustres que en aquel sitio esmeraron sus proezas” (Valladar 1988, p. 30). Algunos caballeros que edificaron aquí sus palacios fueron: Gonzalo Fernández de Córdoba⁶⁰, Condes de Castillejo (Gallego y Burín 1982, p. 183), Marqueses de Casablanca (Gallego y Burín 1982, p. 183), Téllez Girón (Gallego y Burín 1982, p. 176), o Gil Vázquez Rengifo (Gallego y Burín 1982, p. 177).

En 1507 los monjes franciscanos se trasladaron desde la Alhambra, donde habían permanecido desde la fundación en 1492, a este lugar. Se les cedió la antigua iglesia de Nuestra Señora de Santa María, que se edificó al poco de tomar la ciudad. En ella estuvo instalada la catedral, y anexa a ella existía una antigua rábida que acogió la casa arzobispal en la que vivió fray Hernando de Talavera, primer arzobispo de Granada. Hasta 1888 la manzana del palacio constituía una única entidad con la del Convento de San Francisco (Barrios 1998, p. 294-296).

El palacio presenta el clásico esquema tipológico de la casa-palacio renacentista con patio vividero, convertido en el núcleo principal de la edificación. El patio, prácticamente cuadrado de 5 x 5 metros, no se encuentra centrado en planta con respecto al perímetro construido, constituidos todos los lados por galería y crujía, excepto uno que consta solamente de galería (Gallego Roca 2003, p. 19). La secuencia zaguán-patio se produce en recodo, mientras que la relación zaguán-patio-escalera se realiza de forma diagonal (fig. 154).

El acceso principal se encuentra situado en la calle Ballesteros, en un chaflán existente entre esta casa, la nº 4, con su colindante.⁶¹ La portada se compone de un arco adovelado de compleja estereotomía sobre sencillas pilastras molduradas (fig. 155). En el tímpano se sitúa la heráldica familiar flanqueada por dragones, tan deteriorada

⁶⁰ Casas sobre las que se edificó en el siglo XVII el convento de Carmelitas Descalzas (Gallego y Burín, 1982, p. 184)

⁶¹ La casa nº 4 es el palacio propiamente dicho, mientras que la nº 2 es la ampliación que se hizo del mismo en el siglo XIX. La nº 2 se encuentra hoy completamente independizada de la nº 4 salvo en la planta primera donde existe un engalaberno de la nº 4 sobre la nº 2.

que impide su correcta identificación.⁶² Sobre el zaguán se sitúa la sala principal del palacio, con balcón esquinado partido por una columna de madera. Y sobre ésta, un torreón con un vano sobre la portada y cuatro en el plano perpendicular, hacia la calle Ballesteros, con los de los extremos de mayor tamaño. Los balcones, tanto hacia la calle como al interior del patio, en la primera planta, están enmarcados con molduras renacentistas de piedra.

El patio tiene en cada esquina una columna de piedra de Sierra Elvira, con los capiteles decorados con escudos que representan la heráldica familiar y, sobre estos, zapatas de acanto. Las galerías están cubiertas con sencillos alfarjes de madera con encintado en el papo de las vigas y moldura de chórchola, mientras que el del zaguán tiene las jácenas decoradas con collarino, flechas y ovas, y jaldetas con encintado (López Guzmán 1987, p. 450-451). La escalera, de tres tramos, se cubre con un artesonado con pequeñas trompas en los casetones y friso de estuco.

En el edificio hay una estancia abovedada que guarda relación con las existentes bajo la finca nº 2. Estos espacios formaban parte de una construcción mayor, antecedente al Convento de San Francisco. En la actualidad esta relación se ha perdido completamente, quedando como un espacio independiente. Las estancias abovedadas del conjunto palatino pertenecieron al complejo conventual que las usó como criptas, pudiendo formar parte de la cimentación de un proyecto mayor de iglesia que no llegó a realizarse, o de la antigua rábida. El palacio fue edificado sobre parte de estas construcciones subterráneas, quedando así uno de los habitáculos independizados del resto. Para acceder a él, desde el zaguán, se construyó una escalera de piedra con un rebaje en su borde, sobre el que se colocaba un tablón de madera, manteniendo así la proporción del zaguán (Gallego Roca 2003, p.21).

EL proceso de transformación del palacio de Castillejo estaba supeditado a la modificación urbana de su entorno. Durante la segunda mitad del siglo XIX, la ciudad transforma su imagen en base a nuevos criterios estéticos. La regularización del trazado de las calles y la apertura de nuevas vías al servicio de la remodelación de la ciudad, se verá agravada en el entorno del palacio de Castillejo por la presencia de la

⁶² Aunque el palacio es conocido como Palacio de los Condes de Castillejo fue otorgado por Carlos II a Don Diego Anastasio de Carvajal y Vargas (1636-1693). Giménez Serrano identifica la heráldica como la de los Bazanes.

Capitanía General, la cual condicionará en gran medida los proyectos que se lleven a cabo a partir de esta fecha en el palacio.

El Proyecto de Alineación de la manzana, de 1877, modificó sustancialmente el perímetro de la parcela del palacio, separándola del edificio de la Capitanía General, mediante una nueva calle, que obligó a reestructurar la trasera de la manzana, introduciéndose un patio de luces de pequeñas dimensiones. Las obras realizadas con posterioridad a esta fecha han desvirtuado considerablemente el espacio interior, principalmente del patio que se encuentra cubierto a la altura del primer piso por una losa de hormigón que está ocasionando numerosas deformaciones estructurales en las carreras de las galerías.

El edificio presenta numerosas transformaciones posteriores a su construcción, algunas de ellas realizadas a finales del siglo XIX y otras en la segunda mitad del siglo XX. Las primeras formaban parte de un proyecto global de rehabilitación del edificio, que tuvo dos fases: una en 1875. De esta fecha debe ser la transformación de la caja de escalera posiblemente ubicada, con anterioridad en otro lugar del edificio. La posición excéntrica del patio obligada a las crujías a absorber las irregularidades de la manzana, quedando en la parte trasera dos de gran tamaño, una con ventilación hacia el patio y la otra hacia la callejuela de San Francisco. Junto con la modificación de la escalera, se llevó a cabo la transformación del muro de la galería en esta parte, apeando la estructura sobre una viga de gran escuadría apoyada sobre cuatro columnas. De esta forma se lograba permeabilizar al máximo dicho muro, consiguiendo así un mayor alcance de la iluminación del patio. Por último, en la primera década del siglo XX, afectando principalmente a la finca nº2 que, tras la adquisición de parte de los terrenos de la iglesia del convento, se vio ampliada considerablemente, erigiendo una nueva fachada hacia la recién creada Plaza de los Tiros.

Documentación gráfica existente

De la misma manera que existe escasa documentación histórica sobre el edificio, pocas son las muestras gráficas del mismo, a pesar de la peculiaridad de su fachada. De todos los edificios estudiados en este trabajo, es del que nos consta menos documentación gráfica conocida o conservada hasta el momento, a parte de los grabados, vistas y planimetrías generales de la ciudad que venimos comentando a lo largo de este trabajo.

Podemos localizar el palacio en la conocida *Plataforma de la ciudad de Granada*, de principios del siglo XVII, atribuida a Ambrosio de Vico, grabada por Francisco Heylan hacia 1613-1614, y copiada posteriormente por Felipe Prieto en 1795. Como ya hemos comentado en varias ocasiones anteriormente, el grabado representa la trama urbana de Granada mediante una axonometría, aproximada a la perspectiva de Hejduk, de la ciudad de Granada, técnica que el autor no parece dominar con suficiencia.

En cuanto a la representación planimétrica, la planta del edificio aparece, como los casos anteriores, en el plano general de la ciudad de Granada, realizado por el matemático Francisco Dalmau en 1796, en el plano de Alexandre de Laborde de 1806, y en el Plano de Granada llevado a cabo por Francisco Contreras en 1853 (fig. 153). En 1906, se lleva a cabo el primer plano de la ciudad realizado con técnicas topográficas modernas. Es la *Planta de la Ciudad de Granada* de la Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico, siendo Ibáñez de Ibero el director de los trabajos. Esta planta servirá de base para posteriores planimetrías y planes urbanísticos, como por ejemplo el Plan General de Ordenación Urbana de Granada de 1982, que contiene un levantamiento fotogramétrico a escala 1/1000.

Todas estas representaciones del edificio quedan englobadas en proyectos de mayor envergadura, destinados a la representación urbana o de conjunto, y que en ningún caso tienen como objetivo la documentación del edificio del palacio en concreto. Sin embargo, recientemente se ha llevado a cabo una serie de levantamientos arquitectónicos del edificio, con carácter general, dirigidos por el profesor de la Universidad de Granada Javier Gallego Roca (2003), como parte de la asignatura Laboratorio de Restauración Arquitectónica (fig. 154). La finalidad del trabajo no es la documentación del edificio en sí misma, sino el diseño de un plan de intervención para su rehabilitación. Para ello, previamente se ha procedido al levantamiento general del edificio, sin llegar al nivel de detalle, principalmente de sus fachadas, lo cual ha servido como planimetría de base en la presente tesis doctoral.

El palacio de los Condes de Castillejos no es un edificio de gran entidad, si lo comparamos con otras obras estudiadas anteriormente en este trabajo, como la catedral o el palacio de Carlos V. Es por ello que destaca especialmente el ejercicio de estereotomía materializado en su portada, donde el elemento protagonista es el arco que corona la puerta. Por tanto será éste el objeto de estudio, cuya autoría desconocemos, y cuya construcción podemos situar en la primera mitad del siglo XVI.

3.5.1. El arco de la portada

El acceso principal se encuentra situado en la calle Ballesteros, en un chaflán existente entre esta casa, la nº 4, con su colindante. La portada presenta un arco adovelado de compleja estereotomía, abierto en el encuentro de dos paramentos verticales, sobre sencillas pilastras molduradas. Como veremos más adelante, este tipo de arcos abiertos en el encuentro de dos muros en ángulo recto reciben el nombre de “arco en esquina y rincón” en los tratados de estereotomía renacentistas (fig. 155).

Antecedentes constructivos

El “arco por esquina y rincón”, es decir, el abierto en el encuentro de dos paramentos, puede ser interpretado como una variante del arco esviado. En la mayoría de los casos su ejecución se aborda proyectando sobre ambos paramentos un arco de medio punto dispuesto en un plano perpendicular al bisector de los dos muros. De esta manera, las proyecciones serán dos semielipses en cada uno de los muros.

Podemos considerar este tipo de piezas de cantería como un elemento típicamente español (Calvo 1999, p. 186), puesto que se aleja formalmente de las ventanas de ángulo venecianas, presentes en el Palazzo Severo o el Palazzo Dario, las reflejadas en los dibujos de Filarete y Bellini o las “vedute” de Canaletto, puesto que estas se componen de dos arcos enteros, mientras que las españolas constan de dos semiarcos (Hoyo y Alonso-Martínez 1976).

En la España del siglo XVI se ejecutan este tipo de piezas con mucha frecuencia, probablemente con la intención de controlar visualmente las dos calles que forman el ángulo. Son muy comunes las soluciones adinteladas, como las de Ciudad Rodrigo, del palacio de Fabio Nelli en Valladolid, en las que es imprescindible el pilar o la columna y que se relacionan en cierto modo con las del Palazzo Severo (Calvo 1999, p. 187). Es más, 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 (Chueca 1971, Moreno Mendoza 1993). En Granada encontramos un caso curioso, ejecutado en la fachada de la casa de Castril.

f153. Detalle del plano topográfico de Granada por José Contreras (1853)

f154. Planta del Palacio de los Condes de Castillejo por Javier Gallego Roca (2003)

f155. Portada del Palacio de los Condes de Castillejo

Frente a la destreza mostrada en la pieza de la portada del palacio de los Condes de Castillejos, en la casa de Castril sus ejecutores recurren a dos medios arcos que se encuentran en ángulo materializados sobre los paramentos como elementos decorativos, sin llegar a abrirse el hueco en ellos. Es por esto que destaca especialmente la pieza del palacio, que demuestra una gran destreza en un edificio de poca entidad frente a la solución de la casa de Castril, cuyas dimensiones y situación lo convierten, a priori, en un edificio de mayor notoriedad (fig. 156).

Encontramos una gran variedad de ejemplos contruidos en distintos puntos de la península y edificios de diferente índole, como el palacio Azcárraga de Salvatierra de Álava (fig. 157), 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. También el palacio Pimentel o Ribadavia y la llamada casa de Colón de Valladolid, el acceso a la sacristía de la Iglesia del Salvador de Úbeda, construida por Andrés de Vandelvira, la basílica de San Isidoro de León, 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 (Hoyo y Alonso-Martínez 1976, Palacios 2003, p. 56-57). En cualquier caso, no podemos considerar esta solución como una aportación plenamente renacentista, puesto que ya en el siglo XV encontramos algunos ejemplos, como la puerta de acceso al Micalet desde la catedral de Valencia. 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, como en Valencia y en Úbeda; pero el empleo predominante es como ventana exterior que busca dominar dos calles, como en el resto de ejemplares citados. A diferencia del modelo veneciano, en el que los arcos apoyan en una columna central, la solución española se articula con dos medios arcos que se encuentran uno contra otro, sin necesidad de columnas ni elementos que resuelvan la unión como elemento intermedio.

Encontramos esta traza en la “Porte et voute sur le coing” recogida en el texto de Philibert L’Orme (De L’Horme 1567, f. 72) (fig. 158), en la “Puerta en esquina y rincón” de Vandelvira (c. 1585, f. 20v), en el “Arco por esquina y por rincón” de Aranda (c. 1600, pl. 72) (fig. 159) y en el manuscrito de Alonso de Guardia (c. 1600, f. 81v).

f156. Casa de Castril. Granada

f157. Palacio Azcárraga de Salvatierra de Álava

f158. Porte et voute sur le coing.
Philibert de l'Orme (1567, f 72v)

f159. Arco por esquina y por rincón.
Martínez de Aranda (c. 1600, pl. 72)

En general, las plantillas de esta pieza se obtienen por abatimiento alrededor de las juntas de intradós y nadie recurre a otras soluciones para evitar el empuje al vacío, que aquí es muy preocupante, porque los empujes en clave quedan sin compensar (Calvo 2005a, p. 126). Existen, además, otras variantes de esta pieza, como los “Arcos por esquina”, en 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, en el que los muros son de espesor uniforme, y el plano bisector de los dos muros hace de plano de simetría del conjunto.

Levantamiento y análisis

Para analizar la geometría del arco abierto en el ángulo entre fachadas, y conocer su despiezo y posterior análisis constructivo, se han llevado a cabo levantamientos arquitectónicos mediante fotogrametría de imágenes cruzadas de todo el conjunto, llegando al detalle de las dovelas y las juntas que configuran la superficie de intradós. Las fotografías se han procesado mediante PhotoModeler Scanner, que ha informado de un error máximo de 0.005 metros, lo cual es un dato bastante aceptable puesto que el grosor medio de las juntas entre dovelas es de 2cm. La nube de puntos obtenida ha sido tratada posteriormente con programas CAD como Autocad y Rhinoceros para llegar a la elaboración de una representación gráfica no ideal, de la geometría de las bóvedas. Se han tomado 10 fotografías, obteniendo 47 puntos que representan la superficie de intradós que configura el arco.

Los resultados de los levantamientos indican, en primer lugar, que los paramentos verticales de los muros forman, en planta, un ángulo de 90°. Por otra parte, el arco abierto se dispone en un plano vertical perpendicular a la bisectriz del ángulo formado por los muros, es decir, en un plano vertical que presenta, en planta, un ángulo de 45° con cada uno de los paramentos verticales. El arco presenta una luz de 1,60 metros, mientras que la profundidad del hueco abierto es de unos 80 cm. Por otra parte, la luz del hueco abierto en los muros es de aproximadamente 1,15 metros (fig. 160).

Por tanto, a la hora de abordar el levantamiento y posterior análisis del “Arco por esquina y por rincón” del palacio de los Condes de Castillejo, debemos hacer referencia a dos sistemas de proyección, uno dado por los paramentos verticales que configuran las fachadas, y otro dado por el plano vertical que marca la bisectriz del ángulo entre fachadas.

Atendiendo a éste último, el arco proyectado sobre el plano vertical perpendicular al plano bisector de los dos muros, se aproxima notablemente a un arco de medio punto, es decir, a una semicircunferencia, lo cual genera una superficie de intradós cilíndrica. Este plano perpendicular al plano bisector forma, como ya hemos comentado, un ángulo de 45º en planta con los paramentos de ambos muros, por lo que los arcos abiertos en ellos se proyectan sobre el plano bisector como cuartos de circunferencia aproximadamente. Por otra parte, si analizamos la geometría de la pieza atendiendo a las proyecciones de las testas sobre los paramentos verticales de los muros, los arcos abiertos en ellos se presentan como cuartos de elipse. Esto no es un hecho casual, si tenemos en cuenta que es el resultado natural de la intersección entre la superficie cilíndrica generada por el arco de medio punto, con los planos verticales oblicuos, que forman 45º con el eje del cilindro (fig. 161).

Como ya hemos comentado, el arco virtual dispuesto en el plano perpendicular al plano bisector de los muros se aproxima notablemente a un arco de medio punto. Sin embargo, se observa un discreto rebaje en la clave, por lo que estaríamos ante un arco de medio punto ligeramente rebajado. La semiluz de arco es de 80 cm, mientras que su flecha mide 78 cm. Dada la sutilidad de este gesto, podemos pensar a priori que se trata de la deformación natural de la clave a causa de tolerancias de construcción o a los empujes estructurales tras el paso de los años. Además, si atendemos a las soluciones propuestas en los textos de cantería posteriores, podemos enfocar esta cuestión desde un punto de vista más profundo, y considerar la clave rebajada como un plan preconcebido en la traza, y no como una consecuencia fortuita del paso del tiempo.

De L'Orme (1567, f. 72), Vandelvira (c. 1585, f. 20v) y Aranda (c. 1600, pl. 72) exponen la misma solución: un arco de medio punto en un plano vertical perpendicular al plano bisector de los dos muros que, al proyectarlo ortogonalmente a su plano y oblicuamente a los muros, generan estos cuartos de elipse. Aunque esta solución puede parecer evidente, no es la única forma de trazar la pieza, puesto que si partimos de los propios muros, y no del plano bisector, podrían trazarse en ellos cuartos de circunferencia, como parece que ocurre en la llamada casa de Colón de Valladolid, anteriormente mencionada.

f160. Portada del palacio de los Condes de Castillejos. Planta

alzado 1

alzado 2

f161. Portada del palacio de los Condes de Castillejos. Alzados.

Sin embargo, De L'Orme, Vandelvira, y Aranda utilizan la misma construcción, que, según Calvo (1999, p. 189), “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”.⁶³ Además, otros tratadistas como Fray Laurencio de San Nicolás (1639, f.74r) Juan de Portor y Castro (1708, f.7r) y Alonso de Guardia (c. 1600 f. 81v, 54v, 66v) también abordan la cuestión siguiendo un esquema geométrico similar, con cañón cilíndrico y semielipses rebajadas en los muros.⁶⁴

El “Arco por esquina y rincón” del palacio de los Condes de Castillejo se resuelve con una gran coherencia, no solo formal, sino también estructural. Como comentamos anteriormente, al proyectar en una dirección oblicua a los paramentos de los muros, toda la composición del arco se genera en torno a dos sistemas, el de los paramentos y el de la bisectriz. Esto ha de ser tenido en cuenta a la hora de disponer las juntas entre dovelas para trazar el despiece de la superficie de intradós. Tanto en la solución de Granada, como en los textos de L'Orme, Vandelvira y Aranda, las juntas entre dovelas se disponen paralelas a la bisectriz. Esta es probablemente 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” (Calvo 1999, p. 190).

Conclusiones

Tras llevar a cabo el levantamiento y el posterior análisis de los resultados obtenidos, confirmamos la relevancia de esta pequeña pieza, especialmente si tenemos en cuenta la escasa notoriedad del edificio, y la poca visibilidad que le proporciona el lugar en el

⁶³ Recordemos que Vandelvira (c. 1585, f. 10v) utiliza correcciones ópticas en dos “pechinas” de ángulo con el mismo sentido que el caso que nos ocupa, buscando un efecto de arco rebajado si miramos de frente a los muros, y de arco de medio punto si nos colocamos en el plano bisector.

⁶⁴ Vandelvira y Fray Laurencio lo resuelven con siete dovelas, Aranda y Portor cinco, y Alonso de Guardia tres (García Baño 2015).

que se encuentra. En primer lugar, destaca la soltura con la que se ejecuta la pieza en comparación con otras piezas cercanas y contemporáneas, como el arco en ángulo de la Casa de Castril, edificio de gran relevancia tanto por su uso⁶⁵ como por el lugar en el que se ubica.

Es igualmente importante la solución adoptada, la proyección de un arco de medio punto sobre el plano ortogonal a la bisectriz de los muros generando arcos de elipse en los muros, frente a otras propuestas como la ejecutada aparentemente en la Casa de Colón de Valladolid, donde se recurre en primer lugar al arco de circunferencia en los muros para generar el hueco en segundo lugar. La solución adoptada en el palacio de los Condes de Castillejo coincide con las propuestas en los textos de cantería, lo cual es un hecho significativo teniendo en cuenta la temprana fecha de su ejecución, anterior a estos. Además, 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 como en Valladolid. Sin embargo, debido a la oblicuidad de los paramentos, este arco, a pesar de ser de traza circular, se percibe como apuntado, lo cual genera en los huecos una estética cercana al gótico. Por tanto, todo esto parece indicar que De L'Orme, Vandelvira y Aranda rebajan sus arcos de forma premeditada, para compensar el efecto visual de apuntamiento provocado por la oblicuidad de los paramentos.

En el palacio de los Condes de Castillejo encontramos igualmente un arco ligeramente rebajado, lo cual puede interpretarse como consecuencia de los empujes verticales, o como un gesto intuitivo por parte de sus ejecutores con la misma intención de De L'Orme, Aranda y Vandelvira, lo cual incrementaría aún más el valor de esta pequeña pieza, que si bien puede pasar desapercibida entre las calles angostas del Realejo de Granada, esconde una gran relevancia a nivel constructivo y geométrico.

⁶⁵ Vivienda de la familia Zafra, Condes de Castril, del entorno de los Reyes Católicos. Desde 1789 es el Museo Arqueológico provincial.

IV. Conclusiones

El levantamiento riguroso de las piezas singulares de cantería construidas en Granada durante el siglo XVI, junto con el análisis de la documentación existente, los textos de cantería y las construcciones anteriores y posteriores a ellas, ha permitido alcanzar el objetivo principal de esta tesis: la determinación de la configuración geométrica y constructiva de las piezas analizadas, así como su influencia y papel relevante en la historia de la construcción en España. El proceso de investigación ha contribuido al conocimiento existente de las piezas como elementos constructivos, así como de las técnicas y conocimientos existentes en geometría, diseño y corte de piedra durante el siglo XVI.

El análisis de las bóvedas del edificio ha evidenciado el carácter innovador de las obras renacentistas ejecutadas en Granada tras la reincorporación de la ciudad al Reino de Castilla, así como el papel fundamental de ésta como foco artístico y arquitectónico en la importación de los modelos formales del Renacimiento italiano y su adaptación a los sistemas constructivos castellanos. Pero no sólo encontramos innovaciones en los problemas que se abordan, sino en los métodos que se emplean en las soluciones adoptadas. De sobra son conocidas piezas como la bóveda anular del palacio de Carlos V o los pasos abovedados de la cabecera en la catedral; sin embargo, el estudio realizado pone de manifiesto cómo la materialización del nuevo repertorio formal a través del lenguaje de la cantería se aplica en Granada desde los edificios más notorios hasta las construcciones más sencillas, sirviendo como ejemplo la portada del palacio de los Condes de Castillejo, construido durante el siglo XVI.

La destreza en el control de formas ovales de distintas proporciones en los trazados de bóvedas de perfil rebajado, la gran variedad de lunetos ejecutados, la notable evolución de las bóvedas por cruceros y la relación directa de algunas de las piezas con los textos quinientistas así como con obras de gran relevancia como el Escorial conforman un cuerpo de saber y conocimientos geométricos desarrollados por los integrantes de la escuela renacentista granadina, o lo que es lo mismo, por los ejecutores de las piezas de cantería construidas en Granada durante el siglo XVI.

A lo largo del presente documento se han analizado de forma individual cada una de las piezas, teniendo en cuenta las circunstancias históricas de su construcción, sus posibles antecedentes y analogías con obras posteriores, así como su relación con los textos de cantería. Ese trabajo nos ha llevado a elaborar conclusiones parciales que

han sido expuestas en cada uno de los casos abordados, a partir de las cuales podemos establecer interesantes discusiones transversales con carácter general sobre la construcción pétreo en la Granada del siglo XVI y su papel en la historia de la construcción española.

Los artífices del foco renacentista granadino

Los edificios analizados en la presente tesis doctoral presentan fuertes relaciones transversales, no sólo por las técnicas empleadas o el tiempo en que fueron construidos, sino por la influencia y posibles relaciones entre sus ejecutores, las cuales han quedado patentes tras los análisis realizados.

Sabemos que Machuca y Jacopo Torni, conocido como l'Indaco Vecchio en Italia y como Jacobo Florentino en España, vinieron a Granada desde Italia en torno a 1520 para renovar las pinturas de la Capilla Real, por encargo del cabildo de la catedral (Gómez-Moreno 1892, Gila 2005). Gracias a Lázaro de Velasco, hijo de Jacobo Florentino, se conocen algunos detalles de Machuca y la relación con Jacobo. Una vez en Granada, Jacobo Florentino sería nombrado maestro mayor de las obras de la capilla del monasterio de San Jerónimo en 1525, mientras que en 1527 Machuca entraría a participar en las discusiones sobre la traza del palacio de Carlos V. A pesar de su procedencia italiana en común, ambos edificios serían ejecutados siguiendo distintos patrones formales. Dado que la participación de Torni en San Jerónimo sería breve, no podemos determinar con exactitud cuánto pudo intervenir en los planes del diseño final, que sería ejecutado por su sustituto en las obras, Diego de Siloé, en 1528. Siguiendo los ejemplos construidos en la catedral de Murcia, cuando Torni aborda una pieza que se puede resolver por cruceros, como en el paso entre antesacristía y sacristía de Murcia, siempre opta por las piezas enterizas. En cualquier caso, podemos atribuir a Jacobo Florentino el desarrollo artístico y la transmisión de conocimientos en el sector sureste de la península, puesto que anduvo siempre entre Granada y Murcia debido al compromiso que también había adquirido en las obras de la catedral de esta última.

Diego de Siloé, también formado en Italia, venía sin embargo de una gran tradición medieval por el ámbito de los tardogóticos flamencos. Esta combinación de influencias artísticas se deja notar en su obra granadina, tanto en la cabecera de San Jerónimo como en la catedral, cuyas bóvedas y piezas de cantería presentan notables

similitudes. Siloé recurre al sistema de construcción “por cruceros” en un intento de aplicar sus conocimientos a la evolución de las técnicas medievales, adaptándolas a las nuevas formas y lenguajes clásicos. La influencia en Siloé de fuentes medievales y renacentistas es un hecho especialmente notorio en las bóvedas de la girola de la catedral y la bóveda del crucero de San Jerónimo, donde los elementos de ambas tradiciones mantienen un diálogo constante. En cualquier caso, la evolución en el manejo de las técnicas de cortes de piedra, así como en el conocimiento de las operaciones geométricas, queda patente especialmente en la catedral, donde la dificultad de los trazados aumenta en relación a sus primeras bóvedas en San Jerónimo. Los pasos abocinados de la cabecera, los lunetos esféricos, o el gran arco toral de la rotonda en la catedral son gestos geométricos de gran valentía que no dejan duda alguna de la evolución de Siloé como arquitecto renacentista. Como ya hemos comentado con anterioridad, no sabemos hasta qué punto Jacobo Florentino pudo influir en el estilo de Siloé, puesto que basándonos en la obra construida de Florentino, no podemos establecer fuertes conexiones entre ellos. En cualquier caso, sí podemos atribuir a Siloé la fundación de una escuela arquitectónica en Granada en torno a su persona, a la cual se adscribirían artistas como Juan y Asensio de Maeda, responsable éste último en gran medida de las relaciones artísticas de la capital granadina con Sevilla, donde ejercería de Maestro Mayor en las obras de la catedral.

Tras la muerte de Siloé aparecen varias figuras relevantes para la historia constructiva granadina en el ámbito de la construcción de la catedral de Granada. En la conocida oposición a maestro mayor de la catedral, celebrada en 1576 (Rosenthal [1961] 1990), concurren Lázaro de Velasco, hijo de Jacobo Florentino y autor de la primera traducción de Vitrubio al castellano; Juan de Orea, discípulo y yerno de Machuca, quien también trabajaría tras la muerte de éste al frente de las obras del palacio de Carlos V bajo las instrucciones de Juan de Herrera; y Francisco del Castillo, autor de la fachada de la Real Chancillería. Si bien Lázaro de Velasco sería el ganador del concurso, finalmente Juan de Orea sería el elegido tras la reclamación de éste. Es importante destacar que el trabajo de Orea se centró principalmente en el palacio, si bien su labor al frente de las obras, al igual que en la catedral, duró poco tiempo, puesto que murió apenas un año después de ser nombrado maestro mayor.

En este punto es fundamental destacar la figura de Francisco del Castillo, quien había sido también formado en Italia. Gracias a la documentación conservada conocemos la participación de Castillo en la oposición catedralicia y su autoría de la fachada de la

Chancillería, si bien debemos señalar que al concurso para el diseño de ésta última acudió también Lázaro de Velasco, aunque en esta ocasión no ganó su propuesta. Más allá del diseño de la fachada se han barajado diversas hipótesis con respecto a las trazas originales del edificio, que, a juicio de un significativo grupo de autores, son obra de Siloé (Gómez-Moreno 1892, Gallego y Burín 1982, López Guzmán 1987, López Guzmán 1987). También se ha relacionado con este edificio a Juan de la Vega, aparejador en las obras del palacio de Carlos V con Minjares y discípulo de Juan de Herrera, que en 1581 era maestro mayor de las obras de la Audiencia.

Por tanto, tras todas estas consideraciones, la conexión y las relaciones transversales entre los las distintas obras construidas en Granada durante el siglo XVI a través de sus ejecutores es innegable, así como la formación de un núcleo de arquitectos, artistas y canteros responsables de la gran evolución de las técnicas de cantería aplicadas a las nuevas formas renacentistas en el sur de la península, concretamente en Granada, ciudad desde la que establecerían relaciones artísticas con otros focos del país.

Los levantamientos han puesto de manifiesto una fuerte relación entre las piezas objeto de estudio de la catedral y San Jerónimo, lo cual era de esperar dado que fueron trazadas por el mismo autor. Debemos tener en cuenta, además, que las cabeceras de ambos edificios fueron construidas con la misma finalidad. Pero si algo destaca en estas iglesias, aparte de su calidad constructiva y amplias proporciones, es la elegancia y monumentalidad que ofrecen; ese especial equilibrio entre la tradición medieval y las novedades renacentistas, que manifiesta la asimilación de las experiencias culturales y técnicas desarrolladas en el quinientos granadino.

Siloé ha sido considerado como el gran promotor del Renacimiento en Granada, dado el gran número de obras ejecutadas y la relevancia de las mismas. No debemos olvidar, además, la relación de Siloé con Andrés de Vandelvira, quien lo sucedería en algunas de sus obras, como en El Salvador de Úbeda, lo cual justificaría algunas de las relaciones halladas en la obra de ambos, así como en las trazas presentadas posteriormente por su hijo Alonso en su *Libro de trazas de cortes de piedras* (c. 1585).

En lo que respecta al palacio, nos encontramos ante un ejemplar arquitectónico singular, por su traza, su construcción y las piezas de cantería analizadas construidas en el interior del mismo. Aunque algunos de los ejecutores del palacio han sido relacionados con las obras de la catedral, no podemos relacionar ambos edificios de

forma directa a través de sus fábricas, como ha puesto de manifiesto el análisis de la documentación gráfica obtenida. En cuanto a la autoría, si bien Machuca parece quedar reducido al Palacio de Carlos V frente a la gran cantidad de obras del entorno de Siloé en Granada y Andalucía, su prestigio debió ser mayor durante el siglo XVI de lo que se cree en la actualidad, en virtud de los documentos conservados (Gómez-Moreno 1941, Rosenthal 1985, López Guzmán 1987).

En cualquier caso, podemos situar una escuela en torno a Siloé y otra en torno a Machuca más enfocada a las obras reales de Granada. Ambas tendencias parecen confluir en el edificio de la Real Chancillería, donde encontramos un patio interior muy relacionado con la tradición siloesca en sus formas y acabados, y una fachada con fuertes influencias palaciegas importadas del Renacimiento italiano, como ocurre en el palacio de Carlos V.

En cualquier caso, tras analizar la evolución cronológica de la construcción de los edificios, sus artífices, y las relaciones transversales entre ellos, podemos situar el punto de partida de este desarrollo arquitectónico en Jacobo Florentino y Machuca, cuyas influencias discurren de forma paralela a través de Siloé por un lado, y la escuela escorialense de otro, para acabar encontrándose a través de las figuras de Lázaro de Velasco, Juan de Orea, o Francisco del Castillo, responsables de la continuidad y la transmisión de las tendencias surgidas en Granada como gran foco del Renacimiento y las técnicas de cantería en España.

El papel de las bóvedas “por cruceros” en la introducción de las nuevas técnicas

Tras los levantamientos y análisis llevados a cabo en esta investigación, ha quedado patente el papel fundamental de las bóvedas ejecutadas por cruceros en la historia de la construcción pétreo granadina, concretamente en la transición de los sistemas constructivos lineales góticos a los nuevos sistemas de cantería renacentista consistentes en la labra de piezas enterizas. Si bien el sistema de las bóvedas por cruceros se basa también en un sistema lineal de nervios, los medios y las técnicas para ejecutarlos son bien distintos, puesto que es imprescindible contar previamente con una traza y un despiezo previo completo como en las obras de estereotomía renacentistas.

La cabecera de la iglesia del monasterio de San Jerónimo en Granada, y algunas de las bóvedas de la catedral, se presentan como claros ejemplos de esta transición entre ambos sistemas constructivos. El monasterio de San Jerónimo es uno de los edificios más representativos del Renacimiento temprano, por las circunstancias de su construcción, por su coexistencia con elementos plenamente góticos ejecutados con anterioridad en el interior de la iglesia, y por estar considerada como la primera obra de arquitectura renacentista de la ciudad de Granada tras la reincorporación de la ciudad al Reino de Castilla. Siloé recurre aquí a las formas clásicas a través del sistema de cruceros y casetones, de la misma manera que en la catedral de Granada, principalmente en los pasos entre la rotunda y el deambulatorio, donde la expresividad de la división ortogonal del intradós alcanza su máxima expresión.

En la cabecera de San Jerónimo los cruceros no son sólo un sistema constructivo, sino que se convierten en una estética formal que aporta unidad al conjunto renacentista, ejecutado con posterioridad a la nave de la iglesia, que debía servir como mausoleo. Algo similar ocurre en la cabecera de la catedral, lugar elegido por Carlos V como panteón imperial. Siloé emplea aquí los recursos estéticos de los cruceros en las bóvedas cilíndricas de los pasos radiales, a modo de arco de triunfo, como en las bóvedas cilíndricas de San Jerónimo. Es decir, al mismo tiempo que son elementos estructurales, los cruceros se convierten en un motivo ornamental que sigue la estética “triumfal” clásica, acorde a la finalidad del espacio construido. Sin embargo, el diálogo formal y constructivo entre la tradición medieval y renacentista de las bóvedas “por cruceros” se deja notar especialmente en los casos de la bóveda del crucero de San Jerónimo y las bóvedas de la girola de la catedral.

En el caso de San Jerónimo, merece una mención especial la bóveda del espacio central del crucero. Se trata de una bóveda de crucería con dobles ojivos y terceletes, apoyada sobre arcos apuntados abocinados que cobijan un segundo conjunto de ventanas y cruceros, todos encasetonados y completados con terceletes y combados, dando lugar a una pieza en completo desacuerdo con el resto del conjunto. A pesar de ser una bóveda construida con métodos y geometría medievales, no renuncia a la estética formal clásica. Lo que para muchos autores ha sido un error imperdonable, los levantamientos realizados en la investigación la muestran como un ejercicio de transición entre dos tendencias que convivieron durante mucho tiempo en Castilla, y que son, en muchas ocasiones, difíciles de diferenciar dada la estrecha relación que

presentan en muchas de las piezas construidas, como veremos más adelante en las bóvedas de la girola en la catedral de Granada.

De la misma manera, las bóvedas de la girola de la catedral contrastan con uso habitual de los cruceros en otras bóvedas analizadas, donde los nervios se disponen exclusivamente en dos series ortogonales en planta. Si en San Jerónimo Siloé presenta un sistema de ojivos medievales a través de la estética formal clásica, en las bóvedas de la girola presenta dos familias de nervios aproximadamente perpendiculares en planta, además de otros elementos secundarios, como en San Jerónimo, difícilmente explicables desde la tradición clásica. Además, en el caso de la girola nos encontramos ante una llamativa paradoja. Por un lado, los levantamientos ponen de manifiesto que las bóvedas ejecutadas presentan planta trapezoidal, asemejándose a las formas tradicionales de las girolas góticas y alejándose del cuadrado ideal renacentista. Por otro lado, la solución de planta rectangular empleada en Toledo habría derivado en la interpenetración de los dos arcos perpiaños de las bóvedas al modo de las jarjas góticas, por lo que la forma trapezoidal de las bóvedas evidenciada tras los levantamientos nos presenta un posible deseo por parte de sus ejecutores de evitar la imagen y las complicaciones constructivas de los enjarjes góticos.

Ahora bien, quizá el rasgo más vinculado con la tradición gótica de ambas piezas, las bóvedas de la girola y la bóveda del crucero de San Jerónimo, viene dado por el trazado de las secciones de las mismas, obtenidas tras los levantamientos ejecutados. En el caso de San Jerónimo, la sección transversal de la bóveda, es decir, la sección dada por un plano perpendicular a los arcos formeros, muestra el rampante de la bóveda cóncavo como un arco de circunferencia que arranca en los arcos formeros, mientras que la sección diagonal dada por el plano de los ojivos muestra que los nervios diagonales son arcos de medio punto que arrancan en la base de la bóveda. Es decir, se trata de una bóveda de crucería generada por la intersección de dos bóvedas que, en lugar de cañones cilíndricos rectos, presentan superficies de traslación para elevar la clave de la bóveda, rasgo muy común en las bóvedas medievales.

En cuanto a las bóvedas de la girola, las ligaduras que concurren en el polo de pieza presentan un trazado casi horizontal, lo cual genera un “rampante” prácticamente llano. Esta peculiar disposición deriva del tronco central del gótico, si bien se emplea con cierta frecuencia en la construcción renacentista “por cruceros”. Además, la

disposición alternativa reflejada en la sección perpendicular, es decir, el “rampante redondo”, es igualmente frecuente en la construcción gótica del quinientos ibérico, tarda más en pasar a la solución renacentista “por cruceros”.

Los análisis elaborados sobre estas obras nos muestran, por tanto, la capacidad evolutiva de Siloé y el carácter experimental de su método. Según las necesidades, Siloé acomete el diseño de las piezas manifestando mayores tintes góticos en las primeras, para aumentar su creatividad en las segundas, buscando el equilibrio entre estructura, adorno y funcionalidad. Probablemente cuanto mayor fue la autonomía creativa de Siloé más se manifestó su interés por la renovación plástica y arquitectónica; puesto que su formación como escultor le imprimió una importante valoración de los elementos decorativos, para evolucionar poco a poco hacia un estilo más depurado.

Como conclusión, nos encontramos ante unas bóvedas renacentistas, desde el punto de vista estético, compuestas por el sumatorio de elementos clásicos y otros de origen medieval que se materializan mediante cruceros como técnica de transición entre las tradiciones canteriles medievales y renacentistas, representando, por tanto, la clara evolución de las técnicas constructivas en la Granada del siglo XVI.

El óvalo y la elipse en la construcción pétrea granadina

Como sabemos, en el siglo XVI elipse y óvalo eran figuras menos conocidas que el círculo a nivel teórico, a pesar de que eran frecuentes en la práctica constructiva. Es decir, en el siglo XVI ambas figuras eran empleadas, aunque en el ámbito de la construcción arquitectónica no se relacionaba la elipse con uno de los tipos de sección plana de un cono. En cuanto al óvalo, los tratados renacentistas a menudo se refieren a él como “arco rebajado” o “carpanel”. De hecho, en el ámbito de la construcción arquitectónica no se usaba el término elipse y se empleaba el adjetivo oval para referirse a figuras elípticas.

Tras los levantamientos realizados, cuando encontramos perfiles rebajados en las piezas analizadas, la cuestión fundamental es estudiar si efectivamente se trata de un perfil oval o elíptico, puesto que en todos los casos podemos descartar la sección semicircular a simple vista. Óvalos y elipses muestran una clara similitud gráfica, pero son distintos en cuanto a su generación, diseño y proceso de trazado, así como las

implicaciones de su construcción arquitectónica. De hecho, el uso de óvalos en la arquitectura es mucho más común (Huerta, 2007; López Mozo, 2011).

Un óvalo es una curva cerrada formada por, al menos, cuatro arcos circulares tangentes, de manera que para la construcción de bóvedas rebajadas presenta claras ventajas frente a la elipse. Si queremos trazar óvalos paralelos para configurar un espesor constante en una bóveda con unos ejes dados, la solución es simple, puesto que se trata de arcos de circunferencia concéntricos. De esta manera podremos disponer sin problemas las juntas entre dovelas de forma ortogonal a la curvatura del óvalo. En cambio, por su definición geométrica, la curvatura de la elipse varía en todos sus puntos, lo que complica la división en partes iguales y el trazado de líneas ortogonales para distribuir las dovelas de un arco. Además, una curva equidistante a una elipse no genera otra elipse, sino una curva de cuarto grado llamada toroide, que sólo puede ser trazada por aproximación (Huerta, 2007).

El criterio a seguir para su definición ha sido el mismo seguido por Ana López Mozo y que describe en su tesis doctoral, *Bóvedas de piedra del Monasterio de El Escorial* (2009). Este consiste, en primer lugar, en trazar la elipse que encaja con las dimensiones de los ejes de la bóveda, es decir, la luz entre sus arranques y la altura de la clave del arco. Si el trazado no coincide, esta diferencia será especialmente notable en los puntos donde se produce el cambio de curvatura, es decir, donde se encuentran los puntos de tangencia entre los distintos arcos del óvalo. El siguiente paso sería comprobar el trazado del óvalo con los propuestos en los tratados observando las características concretas que los definen (proporción entre ejes, división de la luz del arco, ángulo de la alineación de los centros).

Tras los levantamientos llevados a cabo hemos encontrado perfiles rebajados en un buen número de las piezas estudiadas, principalmente en el palacio y en la catedral. Un ejemplo interesante son las bóvedas que cubren los pasos extremos en la girola de la catedral. Como vimos en su momento, los cinco pasos centrales son abocinados y simétricos, mientras que los extremos se ejecutan en esviaje, dada su alineación forzada con las naves longitudinales. Esta peculiaridad geométrica deriva en piezas asimétricas en las que no existe relación de paralelismo o perpendicularidad entre jambas y testas. Tras analizar los levantamientos llevados a cabo, observamos cómo la testa menor se materializa como un arco de medio punto, al igual que en los pasos centrales, mientras que el resto de cruceros, así como la testa mayor, se ejecutan con

perfil rebajado, oval o elíptico. Esta solución geométrica se debe a que el abocinamiento en este caso es mucho mayor en planta que en sección, es decir, mientras que la altura de la testa exterior es la misma que en los pasos centrales, su anchura es mayor debido al esviaje. De esta manera, los arcos no se abren de manera proporcional en anchura y altura, lo cual generaría arcos de circunferencia concéntricos, sino que nos encontramos con un eje horizontal mayor que el vertical. Los levantamientos y posteriores análisis no ofrecen ninguna duda de que nos encontramos ante formas elípticas, lo cual podemos considerar como una natural transformación afín de la circunferencia a la elipse. La proporción entre los ejes de las distintas elipses varía, naturalmente, dependiendo de las condiciones espaciales de altura y anchura en cada uno de los cruceros, desde la relación 1:1 de la testa menor hasta la 5:4 de la mayor. No sabemos hasta qué punto esta solución fue preconcebida o sobrevenida por las circunstancias espaciales de la cabecera, si bien es indudable la destreza con la que Siloé resuelve el problema, como queda reflejado en la documentación gráfica obtenida.

Por otro lado, el palacio de Carlos V es el edificio construido en Granada durante el siglo XVI donde los perfiles rebajados se ejecutan con mayor frecuencia, dando lugar a una gran variedad de soluciones. Siguiendo un orden cronológico según su año de construcción, los levantamientos han evidenciado secciones ovales en la cripta, en la bóveda anular del patio, y en los zaguanes de acceso al edificio.

En el caso de la cripta nos encontramos ante una bóveda de planta octogonal configurada por sectores o “gajos” de planta triangular. Tras analizar las secciones de la bóveda, los levantamientos han reflejado que estos “gajos” no presentan superficies cilíndricas al uso, como suele ocurrir, sino que el perfil rebajado, seccionando por el plano perpendicular a su imposta, se aproxima notablemente a un óvalo de tres centros, es decir, una curva formada por tres arcos de circunferencia tangentes entre sí, cuyos centros quedan alineados por una recta con el punto de tangencia. Es más, el punto de tangencia entre arcos que marca el cambio de curvatura en el óvalo viene a coincidir en sección con el vértice de los lunetos, dato muy relevante para el análisis del conjunto de la bóveda.

En el caso de la bóveda anular del patio, los resultados obtenidos tras los levantamientos y análisis son bastante sorprendentes. Si bien ya era conocido en la literatura el desnivel entre impostas de la bóveda, así como su perfil escarzano (Alonso Rodríguez y Calvo 2010), oval (Gómez-Moreno 1892), o incluso elíptico, (Rosental

1985), hasta el momento no se había publicado un levantamiento métrico que permitiera contrastar y precisar estas cuestiones. Gracias a los levantamientos observamos que, efectivamente, los arranques de la bóveda se producen a diferente altura, dando lugar, pues, a una bóveda con perfil aparentemente asimétrico y difícil de atribuir directamente a cualquiera de las figuras geométricas conocidas para este tipo de bóvedas.

Como ha quedado reflejado en el capítulo de resultados, los levantamientos no sólo muestran el perfil oval de la bóveda, sino una sorprendente relación entre el dintel de la columnata con la primera hilada de la bóveda en el lado del muro perimetral. Los resultados indican que el dintel curvo que une la columnata salva la diferencia de cota entre ambos arranques de la bóveda, de manera que equilibra el desnivel entre las impostas anteriormente descrito. En este caso, puesto que, como sabemos, los arranques de la bóveda se producen a distinta altura, la figura que se presenta es un óvalo de dos centros, con un trazado similar al clásico óvalo de tres centros en el que una de las ramas de radio menor no se materializa, en este caso, en el lado del arco adintelado de la galería. Estos rasgos no parecen casuales, especialmente tras analizar la métrica en la sección de la bóveda, observando que la distancia entre sus impostas coincide con la altura del arranque inferior de la bóveda y además es cuatro veces la altura de la bóveda con respecto a su arranque, de manera que el centro del arco central de la bóveda queda situado en el centro geométrico de la sección. Todo esto arroja interesantes conclusiones, puesto que, frente al carácter improvisado que atribuye Rosenthal a la ejecución de la bóveda basándose en sus observaciones, el análisis geométrico demuestra un gran control de las formas y las proporciones por parte de sus ejecutores para conseguir una bóveda estructural y geométricamente estable. Todos los datos anteriormente analizados, es decir, la precisión en sus medidas, el sistema de proporciones empleado, así como su perfil aparentemente irregular pero tan geométricamente estudiado parecen responder a un plan diseñado minuciosamente para prevenir los posibles fallos de la estructura ante los empujes de la bóveda sobre una columnata tan ligera, presumiblemente menos resistente que la solución propuesta de pilastras en lugar de las columnas, y arcos en lugar del entablamento plano.

Si entramos a analizar en detalle el óvalo que la define, encontramos ciertas similitudes con el óvalo de Philibert de l'Orme (1567, p. 118). De la misma manera que en este, se trata de un óvalo con doble proporción entre sus ejes, sin tener una construcción

geométrica controlada puesto que el eje mayor no se divide en partes iguales, y las líneas que unen el punto de tangencia con los centros de los arcos no forman un ángulo fijo con la vertical de 30° o 45° como en otros casos, sino de 35° . Por el contrario, si pasamos a analizar el óvalo de la sección de la cripta del palacio, éste no parece responder a ninguna razón geométrica ni a trazados previos contenidos en los tratados. Quizá al ser ésta más primitiva y anterior en el tiempo, se ejecutara siguiendo la métrica mientras que la geometría de la bóveda del patio se rige por proporciones más estudiadas, seguramente por el conocimiento más avanzado de sus ejecutores.

Los zaguanes del palacio también presentan perfiles rebajados. En el caso del zaguán occidental, los levantamientos evidencian una vez más el perfil oval de su sección. Si bien el trazado no coincide con exactitud con los propuestos en los tratados, éste posee una proporción de 3:2 entre ejes, así como rasgos contenidos en óvalos anteriormente analizados en los textos renacentistas: la recta que une los centros y el punto de tangencia forma un ángulo de 60° con la horizontal, al igual que el cuarto óvalo de Serlio, el de Hernán Ruiz o el de Vandelvira.

En cuanto a las otras bóvedas de cañón rebajadas de los zaguanes del palacio, se dan dos situaciones totalmente distintas. Por un lado, la bóveda de la sala junto a la cripta, ejecutada por Machuca, posee igualmente un trazado oval en su sección, que sin embargo, no responde a ninguna de las características descritas en los tratados, por lo que parece haber sido resuelta de forma intuitiva, lo cual era de esperar dada la temprana fecha de su construcción. Por otro lado, la bóveda del zaguán sur, presenta un trazado exactamente igual al del zaguán occidental. Si bien no coinciden en dimensiones al ser el zaguán sur más pequeño, la proporción entre los ejes de la bóveda es 3:2, al igual que ocurría en el zaguán occidental. Si profundizamos, además, en su geometría, encontramos sorprendentemente el mismo trazado, con la misma proporción entre los arcos situando sus centros de igual manera, y por tanto formando las alineaciones entre estos un ángulo de 60° con la horizontal.

Por tanto, y a pesar de que no podemos relacionar directamente las secciones ovales de la bóveda con ninguno de los trazados propuestos en los tratados teóricos del siglo XVI, encontramos en algunas de ellas datos que nos indican que éstas no fueron ejecutadas únicamente por tanteo, sino que existe una lógica geométrica detrás de su trazado, teniendo en cuenta los condicionantes espaciales.

Por último, encontramos en el palacio un caso singular, el zaguán oriental. Si bien fue proyectado como un espacio de planta ovalada, sus ejecutores recurrieron, finalmente, a la forma lenticular, es decir, un rectángulo central rematado en sus extremos por dos semicircunferencias. Por un lado, sabemos que Machuca diseñó esta estancia con una geometría oval, aunque su trazado no se aproxima a las construcciones concebidas en esa época por Peruzzi y Serlio. Podemos decir, pues, que Machuca traza una geometría de forma intuitiva, intentando adelantarse a su tiempo, y sin embargo llegando a un trazado difícil de ejecutar. Ante el posible desconocimiento geométrico de esta pieza, probablemente sus ejecutores cambian el trazado propuesto por una geometría lenticular, mucho más fácil de materializar, especialmente en lo que respecta a la bóveda, cuya traza y labra habría requerido un gran conocimiento de la estereotomía. Aunque la bóveda del palacio se materializa ya en el siglo XX, es a finales del XVI cuando se ejecutan los muros y se decide la forma lenticular del zaguán, cuando aún no se manejan con soltura estos trazados.

Relación de las piezas analizadas con los textos de cantería

La singularidad de algunas de las piezas analizadas, apenas existentes en la práctica constructiva, y su similitud con algunos de los trazados abordados en los textos de cantería, así como la mención directa en algunos de ellos a ciertas piezas concretas situadas en Granada, constituyen una base sólida para centrar la atención en la construcción pétreo ejecutada en la ciudad a lo largo del siglo XVI, sobre todo teniendo en cuenta la escasez de análisis detallados que se han realizado al respecto.

Los lunetos ejecutados en Granada constituyen uno de los casos más llamativos, principalmente por los diferentes sistemas geométricos abordados en su construcción, dando lugar a una gran variedad de soluciones. Desde los lunetos apuntados de la cripta del palacio, hasta los lunetos esféricos de la cúpula de la catedral, pasando por los lunetos cilíndricos del zaguán occidental del palacio, se nos presenta un gran abanico y distintas formas de abordar un mismo problema constructivo.

Los lunetos de la cripta del palacio son los primeros lunetos ejecutados en Granada, y probablemente los primeros lunetos apuntados ejecutados en piedra, puesto que sus antecedentes constructivos se abren en fábricas de ladrillo. Uno de los datos obtenidos más significativo es que los lunetos son, efectivamente, un claro ejemplo de los lunetos apuntados “delgados y agudos” que Pérouse de Montclos diferenciaba de los lunetos

cilíndricos “amplios y sueltos” de Le Mercier, ambos desarrollados en España durante el siglo XVI. Como dato importante a tener en cuenta, la construcción de los lunetos apuntados no se analiza de forma rigurosa en los textos de cantería hasta casi un siglo después de su construcción, en el tratado de Fray Laurencio de San Nicolás (1637, p. 104), quien además de estudiarla, construye la pieza en la iglesia de Novés; y posteriormente en el Cuaderno de Arquitectura (1708, f. 47) de Juan de Portor y Castro (Calvo 2000, Carvajal Alcaide 2011a); al contrario que el “Arco avanzado”, generado por la intersección de cilindros, figura que aparece con detalle en los tratados de Alonso de Vandelvira y Ginés Martínez de Aranda. Tras estudiar los levantamientos de los lunetos de la cripta, el análisis geométrico de su construcción pone de manifiesto numerosas coincidencias con las trazas abordadas por Fray Lorenzo o Juan de Portor.

Los lunetos de la cripta encajan perfectamente con la descripción de Fray Laurencio excepto en la situación de su vértice. Mientras que Fray Laurencio recurre a la sección de la bóveda para situar el vértice del luneto, en la cripta se recurre a la métrica para trazar las dimensiones del luneto, fijando el ancho del hueco como dato que condiciona el resto de variables. Además, el vértice del luneto queda situado justo en el punto de tangencia de la sección oval de la bóveda, dato que nos da la relación entre el luneto y ésta, sirviendo de base para la configuración geométrica del conjunto.

En cualquier caso, es importante destacar que, tanto en los tratados como en las obras construidas, el hueco abierto sobre la imposta es un arco de medio punto, y no un arco apuntado como en la cripta del palacio. Los lunetos de la cripta son de los pocos ejemplares contruidos con arcos apuntados y no capialzados, como se han desarrollado en la mayoría de las construcciones del siglo XVI, principalmente en El Escorial, lo cual refuerza el carácter pionero de los lunetos de la cripta. Este dato es especialmente importante, dado que permite el trazado continuo de las hiladas de la bóveda en la superficie del luneto, hecho que no se repite en el resto de lunetos analizados.

En el mismo palacio, concretamente en el zaguán occidental, encontramos también los clásicos lunetos cilíndricos o arcos avanzados abordados de distinta forma en los textos de cantería, como el de Vandelvira (c. 1585, f. 23r) y el de Aranda (c. 1600, pl. 49). En este caso los levantamientos muestran una ejecución limpia según la solución teórica de intersección entre cilindros de distinto radio, lo cual es un hecho bastante significativo si tenemos en cuenta la dificultad de materializar la curva alabeada

generada, como observamos al comparar esta solución por las empleadas en edificios relevantes contemporáneos como el monasterio de El Escorial.

Por último, los lunetos abiertos en la cúpula de la catedral son piezas relativamente novedosas puesto que la práctica habitual consistía en ejecutar la bóveda sobre un tambor en el que abrir los huecos pertinentes para iluminar el interior. De hecho, Vandelvira no estudia esta tipología constructiva, mientras que Aranda sí que aborda la cuestión con el desarrollo de su “Arco en vuelta de horno por testa” (c. 1600, pl. 62). En cualquier caso, los levantamientos muestran una solución primitiva y simplificada, puesto que el radio de la apertura en el luneto es muy pequeño con respecto al radio de la cúpula, lo cual genera una curva con un alabeo moderado, que además queda oculto tras la ornamentación de las arcadas en los lunetos.

Otra pieza muy común en la construcción pétreo renacentista de Granada es la bóveda ochavada. Encontramos una bóveda de planta octogonal en la cripta del palacio, y cabeceras ochavadas en la iglesia del monasterio de San Jerónimo y en una de las capillas radiales de la cabecera de la catedral, concretamente en la que da acceso a la sacristía. Este tipo de piezas cobran una especial relevancia en el texto de Vandelvira, quien dedica varias páginas a los “ochavos”, abordando distintas geometrías y métodos. Esta relación es más significativa aún si tenemos en cuenta que los ochavos de San Jerónimo y de la catedral se ejecutan por cruceros, solución que también presenta Vandelvira de forma detallada.

En el caso de San Jerónimo, los levantamientos han evidenciado su relación con el primer ochavo de Vandelvira (c. 1585, f. 103r), es decir, un ochavo de planta irregular acoplado a un arco de medio punto. A pesar de que Vandelvira no aborda esta pieza “por cruceros”, la solución geométrica de su despiezo es la misma, teniendo en cuenta las dificultades que presenta la planta irregular tanto en el ejemplo constructivo como en la traza presentada en su manuscrito. Sin embargo, más curioso es el caso de la capilla anterior a la sacristía de la catedral. Es importante destacar el hecho de que, en este caso, Siloé diseña un sistema distinto al empleado en el resto de capillas radiales, donde se ejecutan bóvedas según el sistema tradicional gótico de nervios y claves secundarias, lo cual muestra la evolución de los sistemas empleados. En este caso los levantamientos han puesto de manifiesto que la bóveda construida presenta una superficie de intradós esférica delimitada por planos verticales no diagonales. Por lo tanto, podemos afirmar que la solución adoptada en la capilla de la sacristía coincide

con el “Ochavo de La Guardia” de Vandelvira (1580, f. 103v). Curiosamente, de los tres casos de ochavos, este es el único en el que Vandelvira plantea la posibilidad de que la bóveda se ejecute, bien mediante dovelas, o bien mediante cruceros y plafones, solución empleada precisamente en ambas piezas, la de Granada y la de La Guardia. Todo esto resulta llamativo si tenemos en cuenta que la granadina es anterior a la ejecutada en La Guardia (1556), si bien es cierto que nos encontramos ante una pieza de menor notoriedad que la jiennense, que sirvió como arquetipo de este tipo de bóvedas para Vandelvira.

El análisis de los pasos abocinados entre el altar mayor y la girola de la catedral de Granada aportan igualmente datos interesantes. A la luz de los levantamientos nos encontramos en realidad ante una combinación de dos piezas diferentes. En los cinco pasos centrales, la mayor parte de la bóveda se resuelve por cruceros, como un “Arco abocinado”, mientras que la testa interior se trata como un “Arco en torre cavada” de piezas enterizas. La misma solución se emplea en los pasos extremos, añadiendo la dificultad del esviaje tanto a la bóveda por cruceros como a la testa lisa en torre cavada, si bien en esta última, el esviaje es prácticamente imperceptible por su pequeño espesor. Si bien no podemos relacionar directamente las bóvedas de los pasajes radiales de la catedral granadina con las piezas contenidas en los tratados, no cabe duda de que nos encontramos ante dignos ejemplos prácticos de las soluciones teóricas propuestas aunque ejecutadas por cruceros, al contrario que aquellas. Como en los casos anteriores, la práctica constructiva precede a la literatura, y además, en este caso, excede en complejidad a las soluciones propuestas por Vandelvira (c. 1585; f. 21v, 26v), Aranda (c. 1600; pl. 11, 25, 33, 37, 104, 106) y Portor (1708; f. 2r, 7-9), pues a las dificultades ya mencionadas, hay que añadir el empleo de cruceros. Las razones de la ausencia de estos últimos en los manuscritos pueden ser diversas, puesto que Vandelvira no incluye arcos abocinados, sino troneras, cuyas pequeñas dimensiones no permiten el empleo de cruceros. En cuanto a los tratados de Aranda y Portor, del primero se ha perdido gran parte, por lo que no sabemos si incluyó piezas por cruceros, lo cual probablemente llevó a Portor a omitirlos, si bien su uso era poco habitual a principios del siglo XVIII.

Esto mismo ocurre con el arco triunfal que conecta la nave central de la catedral con la rotunda de la cabecera, que dados sus condicionantes espaciales adquiere se materializa como un “Arco en torre cavada contra cuadrado” según Martínez de Aranda (c. 1600, pl. 25), es decir, un arco abierto en paramento curvo cóncavo en una de sus

testas, y un paramento plano vertical en la otra. En este caso, al contrario de lo que ocurre en los pequeños lunetos esféricos de la cúpula, las dimensiones del arco son considerables en relación al radio del cilindro que genera el paramento curvo, generándose por tanto un alabeo considerable resuelto limpiamente según se desprende de los levantamientos, lo cual podemos considerar como un gesto atrevido, siguiendo la línea de los pasos abovedados anteriores.

Destacan también por su ejecución los capialzados en esviaje situados en el zaguán occidental del palacio de Carlos V. Si bien esta pieza no queda recogida en los tratados por su singularidad geométrica, testas y jambas oblicuas, la solución propuesta por Aranda (c.1600, pl. 120) evita la complejidad de la superficie alabeada de una forma geoméricamente irrefutable. Sin embargo, como muestran los levantamientos de los capialzados del palacio, la superficie alabeada se ejecuta con gran maestría, poniendo de manifiesto la destreza de sus artífices, y excediendo, una vez más, la complejidad de los ejemplos teóricos posteriores.

Al margen de la relación y posibles influencias de las piezas analizadas con los textos de cantería renacentista posteriores, algunas de las piezas ejecutadas en Granada durante el siglo XVI son mencionadas de forma explícita, llegando incluso a convertirse en modelos geométricos para sus trazas.

En el caso de la bóveda anular del patio del palacio, Vandelvira (c. 1585, f. 53r) no otorga a la pieza granadina la relevancia que a la bóveda murciana de Junterón en su análisis sobre bóvedas tóricas. Sin embargo sí que es mencionada explícitamente al tratar del arquetipo de las escaleras de caracol abovedadas o “Vía de San Gil”, lo que deja constancia de su papel como modelo. También Fray Lorenzo de San Nicolás (1639, p. 93) dedica un capítulo de su libro, *Arte y uso de Arquitectura*, a la bóveda anular del patio; como Juan de Portor y Castro, quien incluye una traza de bóveda tórica de eje vertical a la que llama la “Bóveda en una circunferencia plana para un patio redondo” (1708, f. 52r), en la que hace mención explícita a la bóveda del palacio de Carlos V en Granada. Vandelvira incluye otra traza que aborda la bóveda tórica con eje de revolución vertical bajo el título “Patio redondo con columnas”, e incluye un dibujo de un patio circular con corredor perimetral. Si bien el dibujo recuerda al patio circular del palacio de Carlos V, no nos encontramos ante el mismo caso puesto que en lugar de dintel, la columnata soporta arcadas que unen los pilares. En cualquier caso, es muy significativa esta propuesta si tenemos en cuenta que el plano del Archivo

Histórico Nacional también presenta arcos en lugar de dintel, por tanto Vandelvira combina la solución del plano del Archivo y la finalmente construida. Además, la sección de la bóveda de Vandelvira es oval, al igual que los resultados obtenidos de los levantamientos de la bóveda del palacio, lo cual presenta un interesante puente de unión entre teoría y práctica que no ha sido comentado ni abordado hasta el momento.

Algo similar ocurre con la escalera de la Chancillería. Nuevamente, en este caso, tanto Vandelvira como Portor mencionan de forma explícita una pieza situada en Granada como modelo de la “Escalera aduicida en cercha” (Vandelvira c. 1585, f.56v-58r) y la “Escalera capialzada engauchida” (Portor 1708, f. 26r). La escalera claustral situada en el patio del edificio de la Chancillería, sirvió probablemente de ejemplo a Vandelvira para resolver la traza de esta tipología constructiva. Al analizar su geometría comprobamos, sin embargo, que a pesar de sus numerosas similitudes, la solución de la Chancillería no sigue su propuesta en la materialización del “rincón” de la bóveda como un plano inclinado, corroborando las hipótesis de José Calvo (2005a, p. 115-151) de que la escalera de Granada no cumplía con esta premisa en su trazado, lo cual ha quedado completamente demostrado tras los levantamientos y el análisis realizados. En cualquier caso, es importante destacar que Vandelvira escoja este modelo como ejemplo, con las juntas paralelas a los muros perimetrales, frente a las tradicionales escaleras valencianas con las juntas perpendiculares, las cuales ni siquiera llega a mencionar en su texto.

Por último, y a pesar de la escasa entidad de la pieza, destaca la solución adoptada en la portada del palacio de los Condes de Castillejos. El “Arco en esquina y rincón” construido coincide con las propuestas en los textos de cantería, lo cual es un hecho significativo teniendo en cuenta la temprana fecha de su ejecución, anterior a estos. Encontramos aquí un arco ligeramente rebajado, lo cual puede interpretarse como consecuencia de los empujes verticales, o como un gesto intuitivo por parte de sus ejecutores con la misma intención de De L’Orme, Aranda y Vandelvira, lo cual incrementaría aún más el valor de esta pequeña pieza, que si bien puede pasar desapercibida entre las calles angostas del Realejo de Granada, esconde una gran relevancia a nivel constructivo y geométrico.

Influencia de las piezas analizadas en la práctica constructiva

Las conclusiones obtenidas de los análisis realizados plantean claras relaciones entre algunas de las piezas estudiadas e importantes obras del Renacimiento español, lo cual nos plantea una interesante discusión sobre las influencias que las piezas granadinas pudieron ejercer y recibir simultáneamente de otras obras.

El ochavo de la cabecera de la iglesia en el monasterio de San Jerónimo es el primero de una serie de piezas construidas en el Reino de Granada, conocidas como “cabeceras siloescas” por Gómez-Moreno Calera (1989). Encontramos bóvedas con casetones y ábsides ochavados ejecutadas por cruceros en Huéscar (Colegiata de Santa María la Mayor), Iznalloz (Iglesia Parroquial de Nuestra Señora de los Remedios) y Montefrío (Iglesia Antigua de La Villa). Si bien podemos relacionar a Siloé con las cabeceras de Iznalloz y Montefrío, no existen datos que aseguren su participación en la Colegiata de Huéscar, aunque las relaciones estéticas y constructivas de ésta con su obra granadina son evidentes. Es importante recordar que a pesar de que Huéscar se encuentra en la provincia de Granada en la actualidad, en el siglo XVI perteneció a la Archidiócesis de Toledo. En cualquier caso, las similitudes formales y constructivas entre todas ellas son innegables, por lo que debemos pensar que San Jerónimo, junto con las bóvedas por cruceros ejecutadas en la catedral, ejercieron una gran influencia, convirtiéndose en piezas de referencia para construcciones posteriores.

Un resultado sorprendente tras el análisis de los levantamientos es la similitud geométrica de la bóveda que cubre el espacio anterior a la sacristía de la catedral con el “Ochavo de la Guardia”, construido con posterioridad a aquella. No podemos probar la relación entre ambas piezas, y parece improbable la influencia de la pieza granadina sobre la cabecera de La Guardia, dada la escasa entidad de la bóveda granadina dentro de la catedral. Sin embargo, no podemos asegurar que Andrés de Vandelvira desconociera la bóveda de la catedral con anterioridad. En este punto es importante recordar que Francisco del Castillo, quien trabajó en las obras del convento de La Guardia, debió conocer la pieza granadina puesto que opositó para maestro mayor de la catedral.

Tras los levantamientos realizados, podemos igualmente relacionar algunos de los rasgos de las bóvedas de la girola de la catedral con algunos ejemplos contemporáneos y posteriores.

El “rampante llano” apreciado en su sección, derivado de la tradición gótica, se emplea con cierta frecuencia en la construcción “por cruceros” del Renacimiento español: encontramos piezas de rampante llano en las bóvedas de casetones clásicos del Patio de los Óleos de la catedral sevillana, en el claustro del monasterio de San Jerónimo de Buenavista en Sevilla y en la bóveda central de la iglesia parroquial de Cazalla de la Sierra (Palacios 2003, pp. 305; Vandelvira c. 1580, f. 97v-98r. Bravo, 2011, 162-163). En la mayoría de estos ejemplos la planta es aproximadamente cuadrada y por lo tanto no requiere los ajustes que exige la planta trapezoidal de los tramos de la girola de Granada. Además, las bóvedas de la girola granadina extreman este carácter con la construcción de una superficie horizontal en la zona central de la bóveda, fenómeno que encontramos en algunas bóvedas españolas emparentadas con ejemplos centroeuropeos (Senent-Domínguez, 2014). Por otro lado, el “rampante redondo” apreciado en la sección ortogonal a la anterior, tarda más en pasar a la solución renacentista “por cruceros”. Aparentemente está presente en el presbiterio de El Salvador de Caravaca, pero el levantamiento riguroso realizado por Pau Natividad (2012) ha demostrado que no se trata de una esfera, sino de una pieza de geometría muy compleja. Finalmente, las dos soluciones, rampante redondo y rampante llano, se contraponen en la parroquial de Cazalla de la Sierra (Palacios 2003, p. 304).

Por otra parte, el arco toral de la cabecera de la catedral de Granada es contemporáneo al arco la Sacra Capilla del Salvador de Úbeda, también diseñado por Diego de Siloé y ejecutado por Andrés de Vandelvira⁶⁶ entre 1536 y 1540 (Chueca 1971), que separa la rotunda de la nave principal. Algunos autores, como Agustín Bustamante y Fernando Marías (1982), señalan esta obra como antecedente directo de la cabecera granadina. No obstante, si bien es cierto que el arco ubetense se ejecutó antes que el de Granada (1552), debemos plantearnos si realmente fue diseñado también con anterioridad, puesto que, como sabemos, Siloé es llamado para trabajar en la catedral el mismo año que llega a Andalucía, por lo que parece razonable que llevara a cabo las trazas de la cabecera mucho antes que las de El Salvador de Úbeda. En cualquier caso, y para profundizar en la cuestión, sería conveniente llevar a

⁶⁶ La capilla ubetense sigue fielmente las trazas según las condiciones de Siloé, de manera que se descartan aportaciones propias o creativas por parte de Andrés de Vandelvira en la rotunda. Bustamante García, A. y Marías, F., 1982. *La catedral de Granada y la introducción de la cúpula en la España del Renacimiento*.

cabo levantamientos y análisis sobre el arco ubetense en futuras investigaciones, con el objeto de establecer más claramente la relación entre ambas piezas. Otro ejemplo que puede ser derivado también de Granada es el arco en torre cavada que separaba el presbiterio y la nave de la catedral de Cádiz en el proyecto de Vicente Acero, aunque finalmente fue ejecutado con las dos testas rectas. Sin embargo, existe un arco en torre cavada en la puerta central del imafronte de la catedral (Bonet 1978, p. 131; Rodríguez Ruiz 1993, p. 36; Calvo 1999, p. 97).

Si bien es cierto que encontramos en la catedral piezas interesantes que han podido ser ejemplos claros para obras posteriores, sin duda es en el palacio de Carlos V donde más fuertemente se deja sentir el carácter innovador de las piezas de cantería construidas.

La relación entre los lunetos de la cripta ejecutados en cantería frente a la tradición italiana, y los del monasterio del Escorial es innegable. En este último, de hecho, cuando se trata de abrir huecos en las bóvedas la preferencia es claramente la solución de lunetos apuntados capialzados o lunetas frente a la de arcos avanzados, todos ellos construidos en cantería, como por ejemplo en los sótanos, en la iglesia o en la entrada principal. Por tanto, podemos considerar los lunetos de la cripta como un antecedente directo de los lunetos del Escorial, si bien no siguen exactamente la misma solución puesto que estos últimos, como sabemos, son lunetos capialzados que no pueden seguir la configuración de juntas horizontales que se da en la cripta de Granada. En este sentido destaca igualmente el perfil oval de la sección de la bóveda ochavada en la que se abren los lunetos de la cripta. Nuevamente encontramos aquí un posible referente que pudo influir en la construcción de El Escorial, puesto que, aunque la bóveda cilíndrica es la tipología más frecuente, las secciones ovales son una constante en el monasterio (López Mozo 2009, 265-292; López Mozo 2011).

La bóveda del zaguán occidental presenta un caso muy particular, puesto que se encuentra directamente relacionada con algunas de las bóvedas ejecutadas en El Escorial. En este caso, la pieza granadina ejerce y recibe al mismo tiempo influencias del monasterio escurialense, dando lugar a una interesante discusión sobre la reciprocidad de su relación.

Con anterioridad a la construcción de la bóveda del zaguán occidental, encontramos en El Escorial una serie de bóvedas de sección “carpanel”, elíptica en unos casos y ovales en otros, que suponen claros antecedentes constructivos de aquella. En el caso

del monasterio, muchas de sus secciones ovales parecen haber sido realizadas por tanteo, a prueba y error, hasta aproximar unas medidas razonables de luz y altura, dado que sus trazados no están recogidos en los tratados. Por tanto, resulta interesante analizar el trazado de la bóveda del zaguán occidental, ejecutada por quien fuera igualmente el artífice de las bóvedas de El Escorial.

Los zaguanes del palacio también presentan perfiles rebajados, si bien el occidental es el más representativo, puesto que los posteriores son, a la luz de la documentación analizada, adaptaciones de éste. En la bóveda del zaguán occidental los levantamientos evidencian una vez más el perfil oval de su sección. Es inevitable relacionar a simple vista esta bóveda con la bóveda ejecutada pocos años antes por Minjares en El Escorial en el pórtico principal bajo la biblioteca, que data de 1583, ya que las similitudes formales y artísticas son innegables. Sin embargo, tras realizar un análisis algo más profundo basándonos en el estudio realizado de esta bóveda por Ana López Mozo (2009) hemos obtenido interesantes resultados. Si bien las proporciones no coinciden con exactitud, cosa lógica por otra parte, puesto que como sabemos en la mayoría de casos las proporciones de anchura y altura vienen ya dadas; ambas bóvedas coindicen en la alineación de centros a 60° con la horizontal y se resuelven con una proporción entre arcos muy similar, lo que nos hace pensar que, de haber tenido de base la misma proporción entre ejes, el trazado habría sido idéntico. No cabe duda de que Minjares mejoró su maestría en la ejecución de bóvedas de cantería, concretamente en la construcción de bóvedas de perfil oval y la intersección de estas con bóvedas secundarias.

En cuanto a los lunetos de la bóveda, resulta interesante compararlos con los de la bodega de El Escorial. En este caso Minjares recurre a una solución peculiar para evitar las diversas complejidades de una construcción de este tipo, alejándose de la solución teórica (López Mozo 2005). Sin embargo, Minjares emplea años más tarde una solución diferente en el zaguán occidental del palacio. La línea del luneto se ejecuta de forma limpia, formando una curva alabeada muy próxima a la solución geométrica teórica generada por la intersección entre dos cilindros de distinto radio. Además, Minjares recurre a una solución ingeniosa, dividiendo la dovela del vértice del luneto, para evitar la solución menos rigurosa empleada anteriormente en El Escorial.

Al comparar los resultados obtenidos del levantamiento del zaguán occidental, con los obtenidos en el zaguán meridional, encontramos un hecho curioso. Mientras que los lunetos del zaguán occidental, contruidos con anterioridad, responden al modelo

teórico de luneto cilíndrico, los lunetos abiertos en el zaguán meridional retroceden en cuanto a la complejidad y la técnica de su trazado, volviendo a la solución del luneto apuntado ejecutada en la cripta casi un siglo antes. Sin embargo, las lunetas del zaguán meridional difieren de los ejecutados por Machuca, puesto que en este caso el hueco abierto en el paramento es un arco de medio punto, y no un arco apuntado, lo cual genera el “luneto apuntado y capialzado” desarrollado en algunos textos de cantería (Fray Lorenzo 1637, p. 104, Portor 1708, f. 47). Por otro lado, si bien los lunetos apuntados de la cripta seguían el esquema de 90° en planta, como los propuestos por Fray Lorenzo y Portor, los levantamientos del zaguán meridional presentan los lunetos con un ángulo notablemente más abierto, probablemente para ampliar la luz del arco y rebajar la verticalidad del luneto en alzado. Podemos obtener como conclusión, por tanto, un evidente intento de acercarse al luneto cilíndrico, huyendo de la imagen gótica que aportan los arcos apuntados.

Por tanto, como conclusión, la construcción de los lunetos apuntados en la cripta del palacio se generaliza su ejecución en El Escorial, donde constituyen la tipología de lunetos más frecuente. La escasez de ejemplos de arcos avanzados en el monasterio, indica que se trataba de una solución a evitar en la medida de lo posible, ya que probablemente gustaba poco a sus ejecutores, quizá por la complejidad de su materialización en piedra y la pericia necesaria para mantener la continuidad de aparejo entre bóveda principal y secundaria. Considerando la peculiar solución de la bodega de la cocina del colegio del monasterio de El Escorial (1577-1581) uno de los ejemplos más tempranos de lunetos cilíndricos construidos en aparejo de piedra, los lunetos del zaguán occidental del palacio de Carlos V serían los primeros que más se acercan a la solución ideal planteada en la teoría. Tal es la complejidad de esta solución y su singularidad, que bóvedas posteriores construidas en el mismo palacio no son capaces de reproducir su fórmula, recurriendo a soluciones poco ortodoxas que pretenden asemejarse a ésta. Este dato, obtenido a raíz de los análisis realizados, se contrapone a lo expuesto por Rosenthal, quien asegura que finalmente Potes ejecutó la bóveda a su manera alejándose del estilo de Minjares. A la luz de los análisis, si bien Potes copia el trazado de la bóveda oval, renuncia a la ejecución de los lunetos a la manera de Minjares, probablemente ante la falta de conocimientos geométricos y constructivos, lo cual ensalza aún más si cabe, la maestría de Minjares y el carácter innovador del zaguán occidental del palacio.

Por otra parte, y a pesar de que no podemos relacionar directamente la sección oval de la bóveda con ninguno de los trazados propuestos en los tratados teóricos del siglo XVI, encontramos en ella datos que nos indican que la bóveda no fue ejecutada únicamente por tanteos, sino que existe una lógica geométrica detrás de su trazado, teniendo en cuenta los condicionantes espaciales. Las similitudes con la bóveda del pórtico principal de El Escorial (1583) son evidentes si comparamos ambas secciones, sin embargo resulta curioso el hecho de que en el caso del monasterio, los lunetos son apuntados y capialzados, mientras que en el palacio son cilíndricos, conservando en algunos casos el rampante del capialzado. Es decir, siguiendo el orden cronológico, Minjares ejecuta en primer lugar los lunetos de la bodega de El Escorial (1577-1581) recurriendo a una solución peculiar, para posteriormente abandonar esta solución y optar por la construcción de lunetos apuntados en el pórtico principal (1583). Finalmente, retoma la solución de lunetos cilíndricos en el zaguán occidental del palacio de Carlos V mejorando su ejecución notablemente. No cabe duda, por tanto, de que Minjares mejoró su maestría en la ejecución de bóvedas de cantería, concretamente en la construcción de bóvedas de perfil oval y la intersección de estas con bóvedas secundarias, reinterpretando los primeros tanteos de Machuca a la luz de la experiencia escorialense.

Por último, y en relación a la bóveda anular del patio del palacio, es cierto que hay paralelismos y similitudes entre este patio y el arquetipo de bóveda tórica en España, la bóveda de Junterón, aunque en los puntos clave de su construcción la solución elegida en Granada es totalmente opuesta. En el patio del palacio el eje de revolución de la bóveda es vertical, por lo que las generatrices o meridianos son semicírculos sobre planos verticales, mientras que los directrices o paralelos son circunferencias horizontales, invirtiéndose aquí el sistema constructivo de Junterón. Las curvas directrices horizontales actúan como juntas de lecho, por lo que son continuas e ininterrumpidas en toda su longitud, mientras que los meridianos verticales, o juntas entre dovelas, se interrumpen para evitar deslizamientos entre piezas. Sin embargo, al igual que ocurre en Junterón, en el palacio de Carlos V la generatriz de la bóveda no es exactamente una circunferencia.

Consideraciones finales

Por tanto, tras analizar todas las discusiones consideradas anteriormente, no podemos negar el carácter protagonista de las obras de cantería ejecutadas en Granada a lo largo del siglo XVI. Dados los escasos antecedentes de las piezas analizadas desde el punto de vista geométrico y constructivo, su carácter innovador es evidente, llegando a ejercer una notable influencia sobre los textos de cantería renacentista y sobre la práctica constructiva al mismo tiempo y generando en torno a su construcción una importante escuela canteril.

En este contexto destaca la construcción “por cruceros” como método de adaptación entre los sistemas y formas medievales y renacentistas, cuyas influencias han derivado en piezas de una gran singularidad, como la bóveda del crucero de San Jerónimo o las bóvedas de la girola de la catedral. Así mismo, encontramos la aplicación del sistema de cruceros en piezas de una gran complejidad geométrica, cuyo trazado sólo se aborda en los textos mediante superficies continuas sin cruceros, y cuya construcción apenas se ha abordado en la práctica, como los pasos abocinados en torre cavada de la catedral, resueltos con una gran pericia constructiva, especialmente los extremos en esviaje.

De la misma manera, la construcción pétrea granadina nos ofrece piezas referentes en la historia de la cantería, como la bóveda anular del patio del palacio, cuyo perfil oval no había sido discutida hasta el momento, o los lunetos apuntados de la cripta, considerados los primeros lunetos ejecutados en cantería renacentista. Además, la ejecución de lunetos en Granada a lo largo del siglo XVI hace patente la evolución de esta tipología constructiva por los distintos trazados que presentan, especialmente si los relacionamos si los comparamos con otras obras contemporáneas de gran relevancia, como el monasterio de El Escorial.

Merece una mención especial el uso de perfiles ovales en una gran variedad de bóvedas granadinas, cuyos trazados son, en muchas ocasiones, comparables a los óvalos trazados en los textos renacentistas y los construidos en otras bóvedas contemporáneas. En este sentido, resulta interesante comparar la evolución cronológica de estas bóvedas, que afinan su trazado y proporciones con el paso de los años, mostrando notables evidencias del conocimiento geométrico de sus ejecutores.

Por último, es imposible obviar el papel fundamental de los artífices del Renacimiento granadino, ejecutores y principales responsables de la construcción pétreo y la evolución de los sistemas de cantería aplicados a geometrías complejas. La transmisión transversal de conocimiento entre las distintas obras, así como entre Granada y otros focos constructivos importantes como Murcia o Sevilla, es innegable, y se debe principalmente a sus ejecutores, cuyos conocimientos geométricos en el arte de traza y corte de piedras evoluciona notablemente desde las primeras obras construidas hasta finales del siglo XVI.

Por tanto, como dice Gómez- Moreno ([1941] 1983, p. 99), en el siglo XVI Granada es sin duda un gran laboratorio renacentista, que contiene en sus edificios más representativos algunos de sus ensayos más notables, lo cual lo sitúa como un importante punto de partida en la introducción de las técnicas y formas renacentistas en España. Si bien es cierto que Gómez-Moreno destaca el carácter innovador de Granada en el ámbito artístico renacentista, esta tesis doctoral prueba que también lo fue desde el punto de vista constructivo, pues los artífices que participaron en estas obras se vieron obligados a encontrar nuevas soluciones constructivas para materializar el vocabulario formal del renacimiento, algunas de las cuales sirvieron de base para los posteriores tratados de cantería que constituyen, hoy en día, la prueba más notable del saber constructivo del Renacimiento español.

Conclusions

The accurate surveying of the singular masonry pieces built in Granada during 16th century, and the analysis of the existing documentation, masonry treatises and previous constructions, have allowed us to reach the main objective of this thesis: the determination of the geometric and constructive configuration of the analyzed pieces, as well as their influence and relevant role in the construction history in Spain. The research process has contributed to the existing knowledge of the pieces as constructive elements, as well as the knowledge of the existing geometric, design and stonecutting techniques during the 16th century.

The analysis of the masonry pieces has evidenced the innovative character of the Renaissance works executed in Granada after 1492. The research has shown the fundamental role of this city as an artistic and architectural focus in the importation of the Renaissance Italian formal models and their adaptation to Spanish constructive systems. But we not only find innovations in the approached problems, but in the methods that were used. Pieces such as the ring vault of the palace of Charles V or the vaulted passages in the cathedral are very well-known. However, this study shows how the new Renaissance forms were applied through the stonework techniques in Granada from the most notorious buildings to the simplest ones, serving as an example the façade of the Counts of Castillejo palace, built during the 16th century in Granada.

The ability in the control of oval shapes with different proportions in the vaults profiles, the great variety of executed lunettes, the remarkable evolution of the vaults “por cruceros” –vaults built by orthogonal ribs which support severies- and the direct relation of some pieces with the masonry texts and with relevant works like the Escorial, show the constructive and geometric knowledge developed by the executors of the stonework pieces built in Granada during the 16th century.

Throughout this document, every piece has been individually analyzed, taking into account the historical circumstances of its construction, its possible precedents and its analogies with later works, as well as its relation with masonry texts. This work has led us to develop partial conclusions that have been exposed in each case, from which we can establish interesting general and cross-sectional discussions on the stone construction during 16th century in Granada and its role in Spanish construction history.

The architects of Renaissance Granada

The buildings analyzed in this dissertation present strong transversal relations, not only because of the techniques used in their construction, but also because of the influence and possible relationships between their executors, which have become evident after the analysis of this research.

We know that Machuca and Jacopo Torni, known as l'Indaco Vecchio in Italy and as Jacobo Florentino in Spain, came to Granada from Italy around 1520 to renovate the paintings of the Royal Chapel (Gómez-Moreno 1892, Gila 2005). Thanks to Lázaro de Velasco, son of Jacobo Florentino and author of the first translation of Vitruvius to the Castilian, some details of Machuca and the relationship with Jacobo have been known. Once in Granada, Jacobo Florentino was appointed mason master of the works in the monastery of San Jerónimo in 1525, while in 1527 Machuca participated in the discussions about the layout of the palace of Charles V. Despite its common Italian provenance, both buildings were executed following different formal patterns. Given that Torni's participation in San Jerónimo was brief, we cannot exactly determine how much he could intervene in the final plans, which were executed by Diego de Siloé in 1528. Following the built examples in the Cathedral of Murcia, when Torni approaches a piece which can be solved “por cruceros”, he always opts for whole pieces. In any case, we can attribute to Jacobo Florentino the artistic development and the knowledge transmission in the southeast of Spain, since he used to lived between Granada and Murcia due to the commitment that he had also acquired in the works of Murcia cathedral.

Diego de Siloé, also trained in Italy, came from a medieval tradition next to late Flemish. This combination of artistic influences is evident in his work in Granada, both in San Jerónimo and the cathedral, whose vaults and stonework show remarkable similarities. Siloé used the construction system “por cruceros” trying to apply his knowledge to the evolution of medieval techniques, adapting them to the new classical forms and languages. The influence of medieval and Renaissance sources in Siloé is a notable fact in the vaults of the ambulatory of the cathedral and the vault of San Jerónimo crossing, where the elements of both traditions are constantly related. In any case, the evolution of the stonecutting techniques skills, as well as the evolution of the geometric knowledge, is especially evident in the cathedral, where the difficulty of the vaults

increases in relation to the first vaults in San Jerónimo. The vaulted passages, the spherical lunettes, or the great arch in the chancel of the cathedral show a great courage that offers no doubt of the evolution of Siloé as a Renaissance architect. As we have said before, we do not know how much Jacobo Florentino could influence the style of Siloé. It is not easy to identify strong connections between both artists on the basis of Torni's work. In any case, we can attribute to Siloé the creation of an architectural tendency in Granada, followed by artists like Juan and Asensio de Maeda, who was mainly responsible of the artistic relationships between Granada and Seville, where he was the cathedral mason master.

Several important artists appeared in the cathedral after the death of Siloé. Lázaro de Velasco applied to the well-known contest to cathedral mason master, celebrated in 1576 (Rosenthal [1961] 1990). Also Juan de Orea, disciple and son-in-law of Machuca, who also worked in the palace after the death of Machuca; and Francisco del Castillo, author of the façade of the Real Chancillería building. Although Lázaro de Velasco was to be the winner of the contest, finally Juan de Orea would be the one chosen. It is important to note that Orea's work focused mainly on the palace, although his contribution lasted a short time, since he died just one year after being appointed to the post of master mason.

At this point it is essential to highlight the figure of Francisco del Castillo, who had also been trained in Italy. Thanks to the preserved documentation we know about Castillo's participation in the cathedral's contest and his authorship of the façade of the Chancillería building. Beyond the design of the façade, several hypotheses have been considered regarding the original traces of the whole building, which, according to a significant group of authors, were designed by Siloé (Gómez-Moreno 1892, Gallego and Burín 1982, López Guzmán 1987, López Guzmán 1987). Juan de la Vega, disciple of Juan de Herrera and worker with Minjares in the palace of Charles V, has also been associated with this building, because in 1581 was the mason master of the works in the Chancillería building.

Therefore, after all these considerations, the connection and the transversal relations between the different works built in Granada during the 16th century through its executors is undeniable, as well as the formation of a nucleus of architects, artists and masters who were responsible of the great evolution of stonework techniques applied

to the new Renaissance forms in the south of Spain, mainly in Granada, city from which they would establish artistic relations with other points of the country.

Obviously, since the pieces of the cathedral and San Jerónimo were designed by the same author, the relations found between them after the surveying are evident, if we take into account, moreover, that both buildings coincide in the purpose for which both were built. But if anything stands out in these churches, apart from their constructive quality and wide proportions, it is the elegance and monumentality that they offer. That is, the special balance between the medieval tradition and the Renaissance news, which shows the assimilation of the cultural and technical experiences developed in Granada. Siloé has been considered the great promoter of the Renaissance in Granada, given the large number of works executed and their relevance. We must not forget Siloé's relationship with Andres de Vandelvira, who followed him in some of his works, as in El Salvador de Úbeda. This fact could justify some of the relationships found in both of their work, as well as in the traces presented later by his son Alonso in his text (c.1585).

Regarding to the palace, we find a unique architectural example, because of its trace, its construction and the analyzed stone pieces built inside it. Although some of the executors of the palace have been related to the works of the cathedral, we cannot relate both buildings directly through their factories, as the graphic documentation obtained has evidenced. As for the authorship, although Machuca seems to be reduced to the Palace of Carlos V in front of the great number of works of Siloé in surroundings Granada and Andalucía, his prestige during 16th century had to be greater than what has been believed.

In any case, we can locate a school around Siloé in Granada, and another around Machuca focused on the royal works built not only in Granada, but in the rest of Spain. Both trends seems to converge in the Real Chancillería building, where we find an inner courtyard closely related to Siloé tradition in its architectural forms, and a façade with strong palatial influences imported from the Italian Renaissance, as in the palace of Charles V.

Finally, after analysing the chronological evolution of the buildings, their architects, and the transversal relations between them, we can locate the starting point of this architectural development in Jacobo Florentino and Machuca. Their influences go parallel through Siloé on the one hand, and the Escorial school on the other, to finally

meet in Lázaro de Velasco, Juan de Orea, or Francisco del Castillo, responsible for the continuity and transmission of the trends that emerged in Granada as a Renaissance focus in the development of masonry techniques in Spain.

The role of “bóvedas por cruceros” in the introduction of new techniques

The surveys and analyses carried out during the research have proved the fundamental role of “bóvedas por cruceros” executed in Granada in the stone construction history, specifically in the transition from the Gothic linear construction systems to the new Renaissance stonework systems, which consist in whole pieces. Although the system of “bóvedas por cruceros” is also based on ribs, the means and the techniques to execute them are quite different, since it is essential to have a previous Tracing of voussoirs as in Renaissance stereotomy works.

The chancel of San Jerónimo in Granada is one of the most representative examples of the early Renaissance, due to the circumstances of its construction, its coexistence with fully Gothic elements previously executed inside the church, and for being considered as the first work of Renaissance architecture in Granada. Siloé interprets the classical forms in the monastery through the system “por cruceros”, in the same way as in the Cathedral of Granada, mainly in the vaulted passages.

In San Jerónimo, the orthogonal ribs are not only a constructive system, but also become a formal aesthetic that brings unity to the whole set executed after the nave of the church, which was built as a mausoleum. Something similar happens in the east end of the cathedral, place chosen by Carlos V like imperial pantheon. Siloé used the aesthetic resources of the “bóvedas por cruceros” in the vaults of the passages, as in the cylindrical vaults of San Jerónimo. That is, at the same time that orthogonal ribs are structural elements, they become an ornamental motif that follows the classical aesthetic, according to the purpose of the constructed space. However, the formal and constructive relationship between medieval and Renaissance traditions of the “bóvedas por cruceros” is especially noticeable in the vault of the crossing in San Jerónimo and the vaults of the cathedral ambulatory.

In San Jerónimo, the vault of the central space of the crossing deserves a special mention. It is a ribbed vault with double diagonal ribs and tiercerons, supported on pointed arches, which generate a piece that disagrees with the rest of the set. Despite

its medieval construction and geometry, probably for structural questions as it would later happen in the dome of the cathedral, Siloé does not renounce the classical formal aesthetics. Siloé combines the whole repertoire of Gothic elements with an appearance that pretends to be Renaissance to avoid breaking the aesthetic unity. According to several authors, this has been an unforgivable error, but we can interpret it as a transition exercise between two trends that lived in Castile for a long time, and which are often difficult to differentiate due the close relationship between them in many of the constructed pieces, as in the vaults of the ambulatory in the cathedral.

The vaults of the ambulatory of the cathedral contrast with the traditional use of these pieces in the chapels, as well as in other “bóvedas por cruceros” mentioned above, where the ribs are arranged exclusively in two orthogonal series. While Siloé presents in San Jerónimo a medieval system through the classical aesthetics, in the vaults of the ambulatory there are two families of ribs approximately perpendicular in plan, besides other secondary elements, as in San Jerónimo, hardly related to the classical tradition. In addition, in the ambulatory, we find a striking paradox. On the one hand, the surveys reveal that the executed vaults have a trapezoidal shape in plan, similar to the traditional forms of the Gothic ambulatories and away from the ideal Renaissance square mentioned. On the other hand, the solution of the rectangular plan used in Toledo would have generated the intersection of two arches in the Gothic manner, so that the trapezoidal form of the vaults should be interpreted as a desire to avoid the image and the constructive difficulties of Gothic springers.

Perhaps, the feature of both pieces, the vaults of the ambulatory and the vault of the crossing in San Jerónimo, which approximates most closely the Gothic aesthetic is given by their sections. In San Jerónimo, the section through a plane perpendicular to the arches shows the vault as an arch of circumference that starts in the arches, while the diagonal section shows that the diagonal ribs are semicircular arches that start at the springers of the vault. That is to say, it is a rib vault generated by the intersection of two vaults that, instead of straight cylindrical barrel, present translation surfaces in order to raise the main keystone of the vault, which is a very common characteristic in medieval vaults.

Regarding to the ambulatory vaults, the liernes that concur in the main keystone have an almost horizontal layout, creating a flat section. This peculiar arrangement derives from the central tradition of Gothic trend, although it is often used in the Renaissance “bóvedas por cruceros”. In addition, the orthogonal section shows the alternative

arrangement, the round profile, a feature that took longer to be used in Renaissance “bóvedas por cruceros”.

Therefore, the analysis made of these pieces demonstrate the evolution of Siloé and the experimental character of his method. According to the needs, Siloé undertakes the design of the pieces showing greater Gothic features in the first, to increase his creativity in the latter, and searching the balance between structure, ornament and functionality. Probably, the greater was the autonomy of Siloé, the more creative was his architectural renovation, since his training as a sculptor gave him an important assessment of decorative elements, to evolve towards a more disfigured style.

As a conclusion, we find, on the one hand, Renaissance vaults from the aesthetic point of view. On the other hand, these vaults are executed “por cruceros” as a transition technique between medieval and Renaissance masonry traditions. They represent, therefore, the clear evolution of the constructive techniques in Granada during 16th century.

Oval and ellipse in Granada stone construction

In 16th century, ellipse and oval were less well-known figures than the circle. However, they were often used in constructive practice. That is to say, in 16th century both figures were used, although in architectural construction the term “ellipse” was not used and its generation was not related to one of the flat section of a cone. As for the oval profile, Renaissance treatises often call it “depressed arch” or “basket-handle arch”. In fact, in architectural construction the term “ellipse” was not used and the adjective oval was used to refer to elliptical figures.

After the surveys carried out for this research, when we find depressed profiles the question is to study if it is indeed an oval or elliptical profile, since in all cases we discard the semicircular section. Ovals and ellipses show a clear graphic similarity, but they present different generation and design process. In fact, the use of ovals in architecture is much more common (Huerta, 2007; López Mozo, 2011). An oval is a flat convex closed curve, with double orthogonal symmetry, formed by, at least, four tangential circular arches. Therefore, drawing parallel ovals to form vaults with a constant thickness for a given span is simple since they are concentric arches of circumference, so that these equidistant ovals no longer maintain the same ratio

between their two axes as the initial oval. All this makes easier the tracing of orthogonal joints to the oval curvature. On the other hand, the ellipse is geometrically defined as a flat section obtained from a cone. The curvature of the ellipse, however, varies at all points, making difficult the division into equal parts and the drawing of orthogonal lines to distribute the voussoirs of the arch. In addition, an equidistant curve to an ellipse does not generate another ellipse, but a fourth-degree curve called a toroid, which can only be drawn by approximation (Huerta, 2007).

The criterion for its definition has been the same followed by Ana López Mozo and which is described in her thesis, *Stone vaults of the Monastery of the Escorial* (2009). This consists, first of all, in drawing the ellipse that fits in the axes of the vault. If the layout does not match, this difference will be especially noticeable at the points where the curvature changes. That is, at the points of tangency between the different arches of the oval. The next step would be to check the layout of the oval with those proposed in the treatises, observing the main characteristics that define them (axis ratio, division of the span, angle of alignment of centers).

After the surveys, we have found several depressed profiles, mainly in the palace and the cathedral. The extreme passages in the cathedral ambulatory are interesting examples. Their geometrical peculiarity derives in asymmetric pieces in which there is no relation of parallelism or perpendicularity between springers and faces. After analyzing the surveys carried out, we observe how the inner and smaller face is presented as a circular arch in a curved wall, as in the central passages. The rest of transversal ribs, as well as the outer and larger face, are executed with an elliptical profile. This geometric solution is due to the obliquity, which is in this case much greater in plan than in section. That is to say, while the height of the main keystone in the outer face is the same as in the central passages, its span is greater due to its skewed plan. In this way, the arches do not open proportionally in width and height, which would generate concentric arches of circumference, but we obtain a longer horizontal axis, and therefore, elliptic forms, which we can consider as a natural transformation of the circumference to the ellipse. The axes ratio of the ellipses changes, naturally, depending on the width and height space conditions, from 1:1 in the inner face to 5:4 in the outer one. We do not know if this solution was preconceived or overrun by the spatial circumstances, although it undoubtedly shows Siloé's skills when solving geometric problems, as reflected in the graphic documentation obtained.

On the other hand, we find several depressed profiles in the palace of Carlos V, presenting a great variety of solutions. Following a chronological order, the surveys have evidenced oval sections in the crypt, in the annular vault of the courtyard, and in the halls of the building.

In the crypt we find an octogonal vault. When analyzing the sections of the vault we observe that they do not present cylindrical surfaces, as it usually happens, but that the depressed profile approximates to an oval of three centers, that is to say, it is a "curve formed by three arches of circumference tangent to each other, condition that only requires that the centers of the two consecutive arches and the point of tangency are aligned along a straight line" (López Mozo 2009). Moreover, the tangency point between arches coincides with the vertex of the lunettes, a very relevant data for the analysis of the whole vault.

In the ring vault, the results obtained are quite surprising. Although existing literature approaches the difference between the springers height of the vault and its profile as a segmental arch (Alonso Rodríguez and Calvo 2010), oval (Gómez-Moreno 1892), or even elliptical (Rosental 1985), no metric surveys had been published up to now that would allow us to contrast these hypothesis. Thanks to the surveys carried out, we observed that the vault springers start at different heights, obtaining an apparently asymmetrical profile, difficult to attribute directly to any of the geometric common figures.

As it has been demonstrated in the results, the surveys not only show the oval profile of the vault, but also a surprising relationship between the lintel on the colonnade and the first course of the vault in the wall side. The results indicate that the lintel that joins the colonnade saves the height difference between the two springers of the vault. Or what is the same, the start of the vault on the side of the wall is at the same level as the lower face of the lintel on the colonnade. As we know, the starts of the vault occur at different height, so in this case the figure that is presented is a two-center oval. This is a three-center oval in which one of the smaller arches does not exist, in this case, on the side of the colonnade. These features do not seem to be casual, especially if we analyze metric features in the section of the vault. The distance between its springers coincides with the height of the springers of the vault, and it is also four times the height of the vault from its start. So, the center of the central arch of the vault is located in the geometric center of the section. All of this is interesting because the geometric analysis

demonstrates a great control of the forms and the proportions by the executors to obtain a structural and geometric stable vault, opposite to Rosenthal's opinion, which is an improvised character of the vault. All the previously analyzed data, as well as the geometrically studied profile, seem to respond to a carefully designed plan to prevent possible failures of the structure.

After analyzing the oval profile, we find certain similarities with the oval of Philibert de l'Orme (1567, p. 118). In the same way, it is an oval with double proportion between its axes, and the lines that join the point of tangency with the arch center do not form a fixed angle with the vertical of 30° or 45° as in other cases, but of 35° . On the contrary, the oval section of the crypt does not seem to respond to any geometric reason nor to previous tracings contained in the treatises. Perhaps because of its primitive construction, earlier in time, it was executed following the metric while the geometry of the ring vault follows more studied proportions, probably because of the more advanced knowledge of its executors.

The halls of the palace also present depressed profiles in their vaults. In the western vestibule the surveys show once more an oval profile. Although the layout does not exactly fit with those proposed in the treatises, it has a ratio of 3:2 between axes, as well as several features contained in ovals previously analyzed in the Renaissance literature: the line that links the centers and the tangency points forms a 60° angle with the horizontal, like the fourth oval of Serlio, Hernán Ruiz or Vandervira.

As for the other vaulted halls, there are two totally different situations. On the one hand, the vault of the room next to the crypt, executed by Machuca, also has an oval layout in its section, which, however, does not respond to any of the characteristics described in the treatises, so it seems to have been resolved intuitively because of the early date of its construction. On the other hand, the vault of the south hall has a similar profile to the western hall. Although they do not have the same dimensions, the ratio between the axes of the vault is 3:2, as it happened in the western hall. If we go further, we find the same proportion between the arches, and forming the alignments between them an angle of 60° with the horizontal. Therefore, although we can not directly relate these oval sections to any of the layouts proposed in the theoretical treatises, we find data which indicate that they were not executed only by trial and error, but that there is a geometric logic behind their layouts, taking into account the spatial constraints.

Finally, we find in the palace a unique case, the eastern hall. Although it was projected as an oval space, its executors finally used the “lenticular” form, that is to say, a central rectangle finished by two half-circumferences. On the one hand, we know that Machuca designed this room with an oval geometry, although its layout is not related to the constructions presented in the Renaissance literature. We can say, then, that Machuca intuitively traces a geometry trying to go further, but obtaining a difficult layout. Considering the possible geometric ignorance of this piece, probably its executors changed the layout proposed by a “lenticular” geometry, much easier to execute, especially regarding to the vault, whose trace would have required a great knowledge of stereotomy. Although the vault of the palace was built in the XX century, it is at the end of the XVI when the walls were executed and the “lenticular” form of the vestibule was decided.

Relationship between analyzed pieces and the masonry texts

The surveys carried out have highlighted the singularity of the analyzed pieces, hardly existing in the construction practice, as well as their similarity to some of the layouts presented in masonry literature. These facts and the direct mention of certain pieces in Granada in some masonry treatises present a solid base which has led us to pay attention on the stone construction in Granada throughout the 16th century, especially because of the lack of detailed analysis carried out in this issue.

The lunettes executed in Granada are one of the most striking cases, mainly because of the different geometric systems approached in their construction, presenting a great variety of solutions. From the pointed lunettes of the palace crypt, to the spherical lunettes of the dome of the cathedral, through the cylindrical lunettes of the palace's western vestibule, we have obtained a wide range and different ways of approaching the same constructive problem.

The lunettes of the palace crypt are the first lunettes executed in Granada, and probably the first pointed lunettes executed in stone, since its constructive precedents were made in brick. One of the most significant data obtained after the surveying is that the lunettes are, in fact, a clear example of the pointed lunettes that Pérouse de Montclos differed from the lunettes “wide and loose” of Le Mercier, both developed in Spain during 16th century. As an important fact to be taken into account, the construction of this element is not rigorously analyzed in masonry texts until almost a century after its

construction. Fray Laurencio de San Nicolás (1637, p. 104), study this piece in his treatise and he also built it in the church of Novés. Later on, it was studied by Juan de Portor y Castro (1708, f. 47).

After surveying the lunettes of the crypt, the geometrical analysis of its construction reveals numerous coincidences with the layouts presented by Fray Laurencio and Juan de Portor. Curiously, the lunettes of the crypt fit perfectly with the description of Fray Laurencio except in the situation of its vertex. While Fray Laurencio use the section of the vault to locate the vertex of the lunette, in the crypt the metric is used to desing the dimensions of the lunette, conditioning the rest of features. In addition, the vertex of the lunette is located just at the point of tangency of the oval section of the vault. This fact gives us the relation between the lunette and the vault, serving as a base for the geometric configuration of the whole set. In any case, it is important to note that, in the treatises as well as in the constructed works, the open gap is usually a circular arch, and not a pointed arch as in the palace crypt. The lunettes of the crypt are one of the few examples constructed with pointed arches. In most of the constructions of 16th century, mainly in El Escorial, pointed lunettes were built with a circular arch instead of pointed arch, which reinforces the innovative character of the lunettes of the crypt.

We also find in the palace, specifically in the western hall, the classic cylindrical lunettes or "arcos avanzados" that were approached in several masonry treatises, such as Vandelvira (c.1585, f 23r) and Aranda (c 1600, pl. 49). In this case they were built following the theoretical solution of intersection between cylinders of different radius. This is a very significant fact if we consider the difficulty of executing the warped curve generated. Finally, the open lunettes in the dome of the cathedral are relatively new pieces, since the usual practice was to execute the dome on a drum with holes to illuminate the interior, instead of opening arches in the dome surface. In fact, Vandelvira does not study this constructive typology, while Aranda approaches it with the development of his "Arco en vuelta de horno por testa" (c.1600, p. 62). In any case, the solution in Granada is a primitive and simplified solution, since the radius of the arch in the lunette is very small comparated with the radius of the dome, which generates a relatively discrete warped curve.

Another common piece in Granada is the octogonal vault, called "ochavos" o "bóvedas ochavadas". We find an octogonal vault in the crypt of the palace, and "ochavos" in the monastery of San Jerónimo and in one of the radial chapels of the cathedral. This kind of pieces is especially relevant in Vandelvira's treatise, who dedicates several pages to

"ochavos", offering different geometries and stereotomic methods. This relationship is even more important if we take into account that the "ochavo" in San Jerónimo and the cathedral are executed "por cruceros", a solution that Vandelvira also presents in detail.

In the octagonal apse of San Jerónimo, the surveys have shown its relationship with the first "ochavo" of Vandelvira (c.1585, f.103r), that is, an irregular plan "ochavo" coupled to a semicircular arch. Although Vandelvira does not approach this piece "por cruceros", the geometric solution is the same, taking into account the difficulties presented by the irregular plant in both the constructive example and the layout presented in his treatise. However, the chapel prior to the sacristy in the cathedral is a curious study case. In this case, Siloé designs a different system of the system used in the rest of radial chapels, where the vaults were executed according to the traditional Gothic system of ribs and secondary keys. The surveys have shown that the vault has a spherical intrados surface delimited by non-diagonal vertical planes. Therefore, we can affirm that the solution adopted in the chapel of the sacristy coincides with the "Ochavo de La Guardia" of Vandelvira (1580, f.103v). Curiously, among the three cases of "ochavos", this is the only one in which Vandelvira offers the solution by whole pieces or "por cruceros". The solution "por cruceros", that is, by orthogonal ribs and severies, is the solution used in the apse of Granada and in La Guardia. All this is striking if we take into account that the vault in Granada was built earlier than the one executed in La Guardia (1556). However, the cathedral piece has lower entity than La Guardia vault, which served as archetype of this kind of vaults for Vandelvira.

The analysis of the passages between the presbitery and the ambulatory of the cathedral has provided interesting data. Thanks to the surveying we have obtained a combination of two different pieces. In the five central passages, most of the vaults are solved as a splayed arch "por cruceros", while the inner face is treated as an arch in a round wall ("arco en torre cavada") of whole pieces. The same solution is used in the extreme passages, adding the difficulty of the skewed plan, both in the vault "por cruceros" and in the inner face in round wall. However, the obliquity is practically imperceptible in the arch of the inner face due to its small thickness. We cannot directly relate the vaults of the radial passages of the Granada cathedral with the pieces offered in the treatises, since none of the masonry texts present this kind of pieces "por cruceros". As in the previous cases, the constructive practice precedes the literature, and in this case, it also presents more complexity than the solutions proposed by Vandelvira (c.1585, f. 21v, 26v), Aranda (c.1600; 11, 25, 33, 37, 104, 106) and Portor

(1708; f. 2r, 7-9), since the difficulties already mentioned include the use of "cruceros". The reasons for the absence of those in the manuscripts may be diverse, since Vandelvira does not include splayed arches. As for Aranda and Portor, the first lost much of the treatise, so we do not know if it included "bóvedas por cruceros", although their construction was unusual in the early 18th century.

The same happens with the triumphal arch that connects the nave of the cathedral with the presbitery, whose geometric features present an "Arco en torre cavada contra cuadrado" according to Martínez de Aranda (pl. 25). That is, an arch with a face in a curved and concave wall, and the other face in a vertical wall. In this case, contrary to what happened in the small spherical lunettes of the dome, the dimensions of the arch are important in relation to the radius of the cylinder that generates the curved wall. The big dimensions of the arch generate an important warped curve well solved, which we can be considered as a daring gesture, as in the vaulted passages.

The skewed rear-arches located in the western hall of the palace of Carlos V are also noteworthy because of their complex execution. Although this piece is not approached in the treatises because of its geometric singularity -oblique faces and springers- the solution proposed by Aranda (c.1600, pl. 120) avoids the complexity of the warped surface in a geometrically irrefutable way. However, as shown in the surveyings, the warped surface is executed with great mastery, showing the skill of its executors and, surpassing once more the difficulty of later theoric examples.

Apart from the relationship and possible influences of the analyzed pieces with later Renaissance masonry literature, some of the pieces executed in Granada during the 16th century are explicitly mentioned in the treatises, even becoming geometric models for their layouts.

When talking about toric vaults, Vandelvira (c.1585, f. 53r) gives more importance to the toric vault in Junterón chapel (Murcia) than to the ring vault in the palace. However, it is explicitly mentioned when dealing with the vaulted spiral staircases or "Via de San Gil", showing its role as a model. Fray Lorenzo de San Nicolás (1639, p. 93) also presents a chapter dedicated to the ring vault of the palace, like Juan de Portor y Castro, who includes a layout of an oval vault with a vertical axis called "Bóveda en una circunferencia plana para un patio redondo" (1708, f. 52r), in which he explicitly mentions the vault of the palace of Carlos V in Granada. Vandelvira includes other layout that approaches the oval vault with vertical revolution axis with title "Patio redondo con

columnas", and includes a drawing of a circular courtyard with a perimetral corridor. Although the drawing is similar to the circular courtyard of the palace of Charles V, it presents arches on the colonnade instead of lintel. Anyway, this proposal is relevant if we take into account that the National Historic Archive plan of the palace also presents arches instead of lintel. Therefore, Vandelvira combines the solution of the plan of the Archive and the finally constructed. In addition, after the surveying, when comparing the palace solution with the proposal of Vandelvira, the section of Vandelvira's vault is oval, just as in the palace, which has not been discussed until now.

Something similar happens in the staircase of the Chancillería building. Once more, both Vandelvira and Portor explicitly mention a piece located in Granada as a model of the "Escalera aduclida en cercha" (Vandelvira v. 1585, f.56v-58r) and the "Escalera capialzada engauchida" (Portor 1708, (26r). The claustral staircase located in the courtyard of the Chancilleria building probably served as an example to Vandelvira to solve the layout of this constructive typology. When analyzing its geometry, however, we can verify that despite its numerous similarities, the Chancillería solution does not follow Vandelvira proposal in the "corner" of the vault as an inclined plane. This confirms the hypotheses of José Calvo (2005a, Pp. 115-151) that the Granada stair did not fulfill this premise in its layout, which has been finally demonstrated after the surveys and the analysis carried out. In any case, it is important to point out that Vandelvira choses this model as an example with parallel joints to the perimeter walls. This feature is opposite to the traditional Valencian stairs with perpendicular joints, which he does not even mention in his text.

Finally, and in spite of the low entity of the piece, we must mention the solution adopted on the façade of the palace of the Counts of Castillejos. The surveying shows that the arch in corner ("arco en esquina y rincón") fits with the proposals in masonry literature. This is a significant fact taking into account the early date of its execution, previous to those. We find here a slightly depressed arch. This can be interpreted as a consequence of the vertical thrust, or as an intuitive gesture of the executors as the treatises of De L'Orme, Aranda and Vandelvira. This would increase even more the value of this small piece, which hides a great relevance from a constructive and geometric point of view.

Influence of the analyzed pieces on the constructive practice

The obtained conclusions from the analysis present clear relationships between some of the studied pieces and important Spanish Renaissance works. This sets up an interesting discussion about the influence that the pieces of Granada could make and receive at the same time from other works.

The octagonal apse of San Jerónimo is the first of a series of pieces built in Granada, commonly known as “cabeceras siloescas” by Gómez-Moreno (1989). We found vaults and octagonal apses executed “por cruceros” in Huéscar (Collegiate of Santa Maria the Major), Iznalloz (Parish Church of Our Lady of the Remedies) and Montefrío (Old Church of the Villa). Although we can associate Siloé with the apses of Iznalloz and Montefrío, there are no data to ensure his participation in Huéscar, although the aesthetic and constructive relationships between it and his work in Granada are evident. It is important to remember that, although Huéscar is in the province of Granada today, in the 16th century belonged to Toledo. In any case, the formal and constructive similarities between all of them are undeniable, so we must think that San Jerónimo, as well as the vaults “por cruceros” executed in the cathedral made a great influence, becoming reference pieces for later constructions. As Gómez-Moreno says: “the church of Iznalloz is a small reproduction of the cathedral of Granada” (Gómez-Moreno Calera 1989c, p.139).

A curious fact after the surveys is the geometrical similarity of the vault that covers the chapel prior to the sacristy of the cathedral with the “Ochavo de la Guardia”, built after that. We cannot prove the relationship between the two pieces. It seems unlikely that it made influence on the apse in La Guardia, due to the small size and entity of the vault in the cathedral. However, we cannot be sure that Andrés de Vandelvira did not know the vault of the cathedral before, so as Francisco del Castillo, who worked in the construction of La Guardia church, and had to know it when he applied to the contest for the cathedral mason master.

After the surveys, we can also relate some features of the ambulatory vaults with some contemporary and later examples. The flat profile in its section, derived from the Gothic tradition, is frequently used in the construction “por cruceros” of the Spanish Renaissance. We find pieces with flat profile in the “Patio de los Óleos” in Sevilla cathedral, in the cloister of the monastery of San Jerónimo de Buenavista in Seville and

in the central vault of the church in Cazalla de la Sierra (Palacios 2003, pp. 305, Vandelvira v. 1580, 97v-98r Bravo, 2011, 162-163). In most of these examples the plan is approximately squared and therefore, it does not require the adjustments by the trapezoidal plan of the Granada ambulatory. In addition, the vaults of Granada extreme this feature with the construction of a horizontal surface in the central part of the vault, phenomenon that we find in some Spanish vaults related with Central European examples (Senent-Domínguez, 2014). On the other hand, the round profile appreciated in the orthogonal section, takes longer to pass to the Renaissance solution “por cruceros”. Apparently it is present in the presbytery of El Salvador de Caravaca, but the survey carried out by Pau Natividad (2012) has shown that it is not a sphere, but a piece of very complex geometry. Finally, the two solutions, round and flat profile, are contrasted in Cazalla de la Sierra (Palacios 2003, p.304).

In addition, the great arch of the presbytery in the cathedral of Granada is contemporary to the arch in the Sacra Capilla del Salvador of Úbeda, also designed by Diego de Siloé and executed by Andrés de Vandelvira between 1536 and 1540 (Chueca 1971). The arch in Úbeda also separates the presbytery and the nave. Some authors, such as Agustín Bustamante and Fernando Marías (1982), point to this work as a direct precedent of the Granada solution. However, although the arch of Úbeda was executed before that of Granada (1552), we must consider if maybe it was actually designed before. As we know, Siloé was called to work in the cathedral the same year that he arrived in Andalucía, so it seems reasonable that he carried out the traces of the cathedral much before those of El Salvador de Úbeda. Anyway, it would be advisable to carry out surveys and analyzes on the arch of Úbeda in future researches, in order to establish more clearly the relationship between both pieces. Another example that can be also derived from Granada is the arch in round wall (“arco en torre cavada”) that separate the presbytery and the nave of the cathedral of Cadiz in the project of Vicente Acero, although finally it was executed with the two straight faces. However, there is an arch in a round wall at the central door of the cathedral of Cádiz (Bonet 1978, p.131, Rodríguez Ruiz 1993, p.36, Calvo 1999, p.97).

Although we find in the cathedral interesting pieces that could be clear examples for later works, we find in the palace of Charles V the most innovative character of the masonry pieces of Granada.

The relationship between the crypt lunettes and those of the monastery of El Escorial is undeniable. In fact, in El Escorial when building lunettes the preference is clearly the solution of pointed lunettes instead of cylinder lunettes. All of them were built with stone, as in the basements, in the church or at the main hall. Therefore, we can consider the lunettes of the crypt as a direct precedent of the lunettes in the Escorial, although they do not follow exactly the same solution: the lunettes in El Escorial present semicircular arches instead of pointed arches, which cannot follow the configuration of horizontal joints as in the crypt of Granada. In this sense, the oval profile of the section of the octagonal vault of the crypt is also important. Again, we find a possible reference that could influence the construction of El Escorial, since, although the cylindrical vault is the most frequent typology, the oval section is a constant in the monastery (López Mozo 2009, 265-292; López Mozo 2011).

The vaults of the halls, specifically the western one, present a very special case, since it is directly related to some of the vaults executed in El Escorial. In this case, the piece from Granada exercises and receives at the same time influences of the Escorial monastery, establishing an interesting discussion.

Before the construction of the western hall vault, we find in El Escorial a series of vaults with depressed profile, elliptical in some cases and oval in others, which suppose clear constructive precedents. In the monastery, many of its oval sections appear to have been made by trial and error, since their tracings are not covered by treatises. Therefore, it is interesting to analyze the layout of the vault of the western vestibule, executed by Minjares, who was also the architect of the vaults of El Escorial.

The halls of the palace present also depressed profiles, being the western one the most representative, since the later are, according to the existing documentation, copies of it. In the western hall, the surveys show once more the oval profile of its section. We must compare this vault with the vault executed a few years earlier by Minjares at El Escorial on the main nave under the library dating from 1583, since the formal and artistic similarities are undeniable. However, if we carry out a deeper analysis based on the study of this vault by Ana López Mozo (2009) we obtain interesting results. Although the proportions are not the same –logical, since the most of the vaults present given proportions of span and height–, both vaults coincide in the alignment of centers at 60° with the horizontal and are solved with a very similar proportion of arches. This makes us think that, if the same proportion between axes had been based, the layout would have been the same.

Regarding to the lunettes of the vault, it is interesting to compare them with those of the cellar of El Escorial. In this case Minjares presents a singular solution to avoid the complexities of this kind of construction, moving away from the theoretical solution (López Mozo 2005). However, Minjares uses a different solution years later in the western hall of the palace. The line of the lunette is executed cleanly, forming a warped curve very close to the theoretical geometric solution generated by the intersection between two cylinders of different radius. In addition, Minjares develop an ingenious solution, dividing the vertex voussoir, in order to avoid the less accurate solution, previously used in El Escorial.

If we compare the solution of the western hall with the vault of the south hall, we find a curious fact. While the lunettes of the western hall, built before, respond to the theoretical model of cylindrical lunette, the lunettes in the southern vestibule return to the solution of the pointed lunettes executed in the crypt almost one century before. However, the lunettes of the south hall differ from those executed by Machuca, since in this case the open hole in the wall is a circular arch, and not a pointed arch, which generates the "luneto apuntado y capialzado" developed in some masonry texts (Fray Lorenzo 1637, p.104, Portor 1708, f 47). On the other hand, although the pointed lunettes of the crypt followed the scheme of 90° in plan, such as those proposed by Fray Lorenzo and Portor, in the southern hall the lunettes appear with a more opened angle. This could probably be made to reduce the height and make wider the span of the arch in the elevation of the lunette. We can observe, therefore, an evident attempt to approach the cylindrical lunette, going away from the gothic image of the pointed arches.

So, as a conclusion, after the construction of the pointed lunettes in the crypt of the palace, its execution in El Escorial is generalized, where they constitute the more usual typology of lunettes. The lack of examples of cylinder lunettes ("arcos avanzados") in the monastery indicates that this was a solution to be avoided as far as possible, perhaps because of the complexity of its geometry. Considering the peculiar solution of the kitchen cellar of the the monastery of El Escorial (1577-1581), one of the earliest examples of cylindrical lunettes built in stone, the lunettes of the western hall of the palace of Carlos V would be the first which are closer to the ideal solution presented in theory. Such is the complexity of this solution and its uniqueness, that later vaults built in the same palace are not able to reproduce its formula, resorting to solutions that pretend to resemble this one. This information, obtained as a result of the analysis made

after the surveying, is opposite to what Rosenthal said, assuring that Potes finally executed the vault in its own way away from the style of Minjares. According to the analysis, although Potes copies the oval profile of the vault, he renounces to the lunettes Minjares' solution. It is probably due to of the lack of geometrical and constructive knowledge, wich makes more important the mastery of Minjares and the innovative nature of the western hall.

On the other hand, although we cannot directly relate the oval section of the vault to any of the layouts proposed in the 16th century theoretical treatises, the surveying shows that there is a geometric logic behind its layout, taking into account the spatial constraints. The similarities with the vault of the main nave of El Escorial (1583) are evident if we compare both sections. Nevertheless, it is curious that in the monastery, the lunettes are “apuntados y capialzados”, while in the palace they are cylindrical, conserving the “capialzado” in some cases. That is to say, following the chronological order, Minjares first executes the lunettes of the cellar of El Escorial (1577-1581) presenting a strange solution, and later leaves this solution opting for the construction of pointed lunettes in the main nave (1583). Finally, he approaches the solution of cylindrical lunetos in the western hall of the palace of Carlos V improving remarkably its execution. There is no doubt, therefore, that Minjares improved his mastery in the execution of masonry vaults, mainly in the construction of vaults with oval profile and the intersection of these with secondary vaults, reinterpreting the first scores of Machuca thanks to the experience.

Finally, and regarding to the ring vault of the palace, it is true that there are similarities between this courtyard and the vault of Junterón, although in the key points of its construction the chosen solution In Granada is totally opposite. In the palace the axis is vertical, so the meridians are ovals on vertical planes, while the parallels are horizontal circumferences, reversing the construction system of Junteron. The horizontal curves act as bed joints, so they are continuous and uninterrupted along their entire length, while vertical meridians, or joints between courses, are interrupted to prevent slippage between pieces. However, in the palace of Carlos V the generatrix of the vault is not exactly a circumference, as in Junteron.

Final Considerations

Therefore, after analyzing all the discussions considered, there is no doubt about the importance of the masonry works executed in Granada throughout the 16th century. Given the lack of precedents of the analyzed pieces from a geometrical and constructive point of view, its innovative character is undeniable, becoming a notable influence on the Renaissance masonry texts and on the constructive practice at the same time.

In this context, the system “por cruceros” stands out as a method of adaptation between medieval and Renaissance systems and forms, whose influences have resulted in pieces of a great singularity, such as the vault of the San Jerónimo crossing or the vaults of the Cathedral ambulatory. Likewise, we find the application of this system in pieces of great geometric complexity, whose layout is only addressed in the treatises by continuous surfaces without ribs, and whose construction has hardly been approached in the practice, such as the vaulted passages of the cathedral, solved with a great constructive skill, especially the skewed extremes.

In the same way, the stone construction in Granada offers us reference pieces in the history of masonry, such as the ring vault of the courtyard of the palace, whose oval profile had not been discussed until now; or the pointed lunettes in the crypt, considered the first lunettes executed in Renaissance stonework. In addition, the execution of lunettes in Granada throughout the 16th century makes evident the evolution of this constructive typology by the different methods presented, especially if we compare to other contemporary works of great relevance, such as the monastery of El Escorial.

The use of oval profiles in a great variety of vaults in Granada deserves special mention, whose tracings are, in many cases, comparable to the ovals drawn in Renaissance literature and those built in other contemporary vaults. In this sense, it is interesting to compare the chronological evolution of these vaults, which improve their layout and proportions over the years, showing remarkable evidence of their executors' geometric knowledge.

Finally, it is impossible to ignore the fundamental role of the architects in Renaissance Granada, executors and responsible for stone construction and the evolution of stone systems applied to complex geometries. The transversal transmission of knowledge

between the different works, as well as between Granada and other important constructive centers like Murcia or Sevilla, is undeniable. And it is mainly due to its executors, whose geometric knowledge in the art of tracing and stonecutting evolves remarkably since the first works built until the end of the 16th century.

Thus, as Gomez-Moreno ([1941] 1983, p. 99) says, in the 16th century Granada is undoubtedly a great Renaissance laboratory, whose most representative buildings contain some of the most remarkable masonry pieces, which places it as an important starting point in the introduction of Renaissance techniques and forms in Spain. Although it is true that Gómez-Moreno pointed out the innovative character of Granada in the artistic field, this doctoral thesis proves that it was also constructive, since the masters who participated in these works were forced to find new constructive solutions to materialize the formal vocabulary of the Renaissance. Some of these solutions founded the later masonry treatises, which are, nowadays, the most remarkable proof of Spanish Renaissance constructive knowledge.

Bibliografía

AA. VV. *Carta del Rilievo Architettonico*. Nápoles, 1999.

Achille C., Cavalleri F., y Lombardini N. (2010). *Conoscere per conservare il costruito, storia rilievo e rappresentazione*. Milán Maggioli Editore.

Alberti, L. B. (1485). *De Re Aedificatoria*, Florencia: Nicolai Laurentii Alamani. (Manuscrito c. 1440. Ed. R. Bonelli y P. Portoghesi, Milán, Orlandi, 1966; traducción inglesa de Joseph Rykwert et. al., *On the art of building in ten books*, MIT, Cambridge, 1988; traducción española de Javier Fresnillo Núñez, *Los diez libros de arquitectura*, Madrid: Ediciones Akal, 1991).

Alberti, L. B. (1582). *Los Diez Libros de Architectura de Leon Baptista Alberto*. Madrid: Alonso Gómez (1ª traducción al castellano de Francisco Lozano o Rodrigo Zamorano. Ed. facsímil en Oviedo: Colegio de Aparejadores, 1975).

Almagro Gorbea, A. (1992). "La fotogrametría de arquitectura en la Escuela de Estudios Árabes". *Topografía y cartografía*, vol. 9 (53): 52 – 66. 19-33. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.

Almagro Gorbea, A. (1993). *La Alhambra dibujada. Un recorrido por la planimetría histórica del monumento* (Discurso pronunciado por el Ilmo. Sr. Don Antonio Almagro Gorbea en su recepción académica y contestación del Ilmo. Sr. Don Pedro Salmerón Escobar con motivo de la toma de posesión del nuevo académico de la Real Academia de Bellas Artes de Nuestra Señora de las Angustias, en el acto celebrado en el salón de caballeros XXIV del Palacio de la Madraza en el día once de marzo). Granada: Real Academia de Bellas Artes Nuestra Señora de las Angustias.

Almagro Gorbea, A. y P. Salmerón Escolar (1993). "La Catedral de Granada. Documentación y levantamientos fotogramétricos". En *La conservación del Patrimonio Catedralicio*, 99 - 112. Madrid: Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Ministerio de Cultura.

Almagro Gorbea, A. (2003). "De la fotogrametría a la infografía. Un proceso informatizado de documentación". En *Informática y arqueología medieval*, 47 – 82. Granada: Universidad de Granada.

Almagro Gorbea, A. (2004). *Levantamiento Arquitectónico*. Granada: Universidad de Granada

Almagro Gorbea, A. (2007). "Planimetría de la Catedral de Granada". En *La Catedral de Granada. La Capilla Real y la Iglesia del Sagrario*, vol. 1: 231 – 239. Granada: Cabildo de la S. I. Catedral Metropolitana de Granada.

Almagro Gorbea, A. y Almagro Vidal, A. (2007). "Traditional drawings versus new representation techniques". En *Proceedings of the 21st CIPA International Symposium: Anticipating the Future of the Cultural Past*, p. 52-57. Atenas: CIPA Heritage Documentation.

Alonso Rodríguez, M. A., López Mozo, A., Farjas Abadía, M. y Ayora Baena, F. (2002). "Levantamiento de la cúpula de la Basílica del Monasterio de San Lorenzo de El Escorial. Aplicación experimental de Estación Total de lectura directa". *Topografía y Cartografía* (19): 19-33. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.

Alonso Rodríguez, M. A. (2008). "Sobre la medición instrumental en el levantamiento arquitectónico". En *Actas del XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. p. 35 – 39. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Alonso Rodríguez, M. A., Calvo López, J. y Martínez Ríos M.C. (2008). Levantamiento y análisis constructivo de la Cabecera de la Iglesia de Santiago de Jumilla. En *Jornadas de Patrimonio Cultural de la Región de Murcia. Arqueología y restauración*. Murcia: Tres Fronteras.

Alonso Rodríguez, M. A., López Mozo, A., Palacios Gonzalo, J. C., Rabasa Díaz, E., Calvo López, J. y Sanjurjo Álvarez, A. (2009). "Functionalism and caprice in stonecutting. The case of the Nativity Chapel in Burgos Cathedral". En *Proceedings of the Third International Congress on Construction History*, vol1: 31-38. Cottbus: Brandenburg Technical University.

Alonso Rodríguez, M. A. y Calvo López, J. (2010). "Sobre el levantamiento arquitectónico mediante fotogrametría multimagén". En *Actas del XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*, 335 – 340. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Alonso Rodríguez, M. A., Calvo López, J. y Natividad Vivó, P. (2013). "La Bóveda de la Capilla de la Virgen del Alcázar en San Patricio de Lorca. Experimentación geométrica en la arquitectura Renacentista del sur de España". *EGA: Revista de expresión gráfica arquitectónica* (22): 122 – 131. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Alonso Ruiz, B. (2004). Los arquitectos de la Capilla Real de Granada. En *Isabel La Católica y su época: actas del Congreso Internacional*, vol. 2: 1241 – 1261. Valladolid: Instituto Universitario de Historia Simancas.

Alonso Ruiz, B. (2006). "Las obras reales de Granada (1506-1513)". *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada* (37): 339-369. Granada: Universidad de Granada.

Alonso Ruiz, B. (2007). "Un nuevo proyecto para la Capilla Real de Granada". *Goya: Revista de arte* (318): 131-140. Madrid: Fundación Lázaro Galdiano.

Alonso Ruiz, B. (2012). "El maestro de obras catedralicio en Castilla a finales del siglo XV". *Anales de Historia del Arte* (22): 225 – 243. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Ampliato Briones, A. L., et al. (1996). *Muro, orden y espacio en la arquitectura del renacimiento andaluz: teoría y práctica en la obra de Diego Siloe, Andrés de Vandelvira y Hernán Ruiz II*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Angulo, D. y Pérez Sánchez, A. E. (1975). *A Corpus of Spanish Drawings*. London: Harvey Miller.

Antolínez de Burgos, J. (1620-1630). *Historia Eclesiástica de Granada*. (Ed. Facsímil con prólogo de Manuel Sotomayor. Granada: Universidad de Granada, 1996)

Arfe y Villafañe, J. (1585). *De Varia Commensuración para la Escultura y Architectura*. Sevilla: Andrea Pescioni y Juan de León. (Ed. facsímil, Valencia: Albatros, 1979).

Arfe y Villafañe, J. (1572). *Quilatador de la Plata, Oro y Piedras*. (Publicado por Alonso y Diego Fernández de Córdoba en el año de 1572).

Asenjo Sedano, C. (1973). "Diego de Siloé en la Catedral de Guadix". En *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte. España entre el Mediterráneo y el Atlántico*, t. II: 214 – 225. Granada: Universidad de Granada.

Bails, B. (1802). *Diccionario de Arquitectura Civil*. Madrid: Viuda de Ibarra, (Ed. facsímil en Zaragoza: Colegio de Arquitectos, 1991).

Barbe-Coquelin de Lisle, G. (1973). "El Tratado de Arquitectura de Vandelvira y la estereotomía en España». En *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del*

Arte. España entre el Mediterraneo y el Atlantico, t. II: 226-232. Granada: Universidad de Granada.

Barbe-Coquelin de Lisle, G. (1977). "Introducción", en *Alonso de Vandelvira, Tratado de arquitectura*, p. 1-36. (Edición con introducción, notas, variantes y glosario hispano-francés de arquitectura. Albacete: Caja de Ahorros Provincial de Albacete, 1977, 2 vols.)

Barrios Rozua, J.M. (1998). *Reforma urbana y destrucción del patrimonio histórico en Granada*. Granada: Universidad de Granada.

Bonet Correa, A. (1974). "Le scale imperiale spagnoli". Galeazzo Alessi e l'architettura del cinquecento: *Atti del Convegno Internazionale di studi*, 631-645. Genova: Sagep.

Bonet Correa, A. (1975). "Introducción a las escaleras imperiales españolas". *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada*, vol. 12 (24): 75 – 111.

Bonet Correa, A. (1978). *Andalucía Barroca. Arquitectura y urbanismo*. Barcelona: Ed. Polígrafa.

Bonet Correa, A. (1979). "Simón García, tratadista de arquitectura", en Simón García, *Compendio de rquitectura y Simetría de los Templos*. Churubusco: Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía. (Reproducido en la ed. de 1991, Valladolid: Colegio de Arquitectos, y en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*, 179-190, Madrid: Alianza Editorial, 1993).

Bravo Guerrero, S. C. (2009). "Bóvedas cuadradas por cruceros en España y México". En *Actas del VI Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, ed. Santiago Huerta Fernández, p.235-242. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Bravo Guerrero, S. C. y Palacios Gonzalo, J. C. (2009). "Crossing Trellis Vaults in Spain and Mexico". En *Proceedings of the Third International Congress on Construction History*, vol. 1: 235 – 243. Cottbus: Brandenburg Technical University.

Bravo Guerrero, S. C. (2011). "Bóvedas por cruceros, clasificación geométrica". En *Actas del séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, ed. Santiago Huerta Fernández, p. 161 – 167. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Brentjes, B. (1987). "El palacio de Carlos V en la Alhambra: símbolo de dominio imperial sobre la tierra y el cosmos". *Cuadernos de la Alhambra* (23): 87-96. Granada: Patronato de la Alhambra.

Brothers, C. (1994). "The Renaissance Reception of the Alhambra: The Letters of Andrea Navagero and the Palace of Charles V". *Murganas* (11): 79 – 102.

Buill Pozuelo, F. (2007). *Fotogrametría Arquitectónica*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

Buill Pozuelo, F., Núñez Andrés, M. A., Regot Marimón, J. (2013). "Técnicas de captura masiva de datos para el levantamiento y modelado de monumentos medievales". *EGA: Revista de expresión gráfica arquitectónica* (21): 62 - 73. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Bustamante García, A. y F. Marías (1982). "La catedral de Granada y la introducción de la cúpula en la España del Renacimiento." *Boletín del Museo e Instituto 'Camón Aznar'* (8): 103-115.

Bustamante, A. and F. Marías (1985). "El Escorial y la cultura arquitectónica de su tiempo". En *El Escorial en la Biblioteca Nacional: IV Centenario del Monasterio del Escorial*, 115 - 219. Madrid: Ministerio de Cultura.

Bustamante García, A. (1993). "Juan de Herrera y El Escorial". En *Juan de Herrera y su influencia*, 17 - 26. Santander: Universidad de Cantabria.

Bustamante García, A. (1994). *La octava maravilla del mundo. Estudio histórico sobre el Escorial de Felipe II*. Madrid: Alpuerto.

Bustamante Garcia, A. (1995). "El sepulcro del Gran Capitán". *Boletín del Museo e Instituto 'Camón Aznar'* (62): 5-41.

Bustamante García, A., et al. (2001). *Las trazas de Juan de Herrera y sus seguidores*. Madrid: Fundación Marcelino Botín-Patrimonio Nacional.

Calvo López, J. (1999). *Cerramientos y trazas de montea de Ginés Martínez de Aranda*. Tesis Doctoral. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.

Calvo López, J. (2000). "Lunetas y arcos avanzados. El trazado de un elemento constructivo en los siglos XVI y XVII". En *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, ed. Santiago Huerta Fernández, 165 – 175. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Calvo López, J. (2002). "Superficies regladas desarrollables y alabeadas en los manuscritos españoles de cantería". En *Re-visión: Enfoques en docencia e*

investigación: Actas del IX Congreso Internacional Expresión Gráfica Arquitectónica, 313 – 318. La Coruña: Universidad da Coruña.

Calvo López, J., Alonso Rodríguez, M. A. y López Mozo, A. (2004). “Escala y estereotomía. El capialzado abocinado en vuelta de la puerta de la sacristía de la capilla de Junterón en la catedral de Murcia”. *Imafronte* (16): 7 – 30. Murcia: Universidad de Murcia.

Calvo López, J. (2005). “Estereotomía de la piedra”. En *Máster de restauración del patrimonio histórico. Intervención y técnicas*, p. 115 - 151. Murcia: Colegio Oficial de Arquitectos de Murcia.

Calvo López, J. (2005). “Jacopo Torni l'Indaco vecchio and the emergence of Spanish classical stereotomy”. En *Teoria e Pratica del costruire: saperi, strumenti, modelli*, p. 505-516. Ravenna-Bologna: Università di Bologna - Fondazione Flaminia.

Calvo López, J. y Alonso Rodríguez, M. A. (2005). “Bóvedas renacentistas de intradós esférico y tórico en el antiguo obispado de Cartagena”. En *XVI Jornadas de Patrimonio histórico. Intervenciones en el Patrimonio arquitectónico, arqueológico y etnográfico*, p. 67 – 84. Murcia: Servicio de Patrimonio Histórico.

Calvo López, J., Alonso Rodríguez, M. A., Rabasa Díaz, E. y López Mozo, A. (2005). *Cantería renacentista en la Catedral de Murcia*. Murcia: Colegio Oficial de Arquitectos de Murcia.

Calvo López, J. (2007). “Piezas singulares de cantería en la ingeniería y la arquitectura militar de Cartagena en el siglo XVIII”. En *Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, ed. Santiago Huerta Fernández, p.167-176. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Calvo López, J. (2009). “El Manuscrito Cerramientos y Trazas de Montea, de Ginés Martines de Aranda”. *Archivo Español de Arte*, vol. 82 (325): 1 – 18. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Calvo López, J. (2009). “La literatura de la cantería. Una visión sintética”. En *El arte de la piedra: Teoría y práctica de la cantería*, p. 99 - 154. Madrid: CEU Ediciones.

Calvo López, J. y Alonso Rodríguez, M. A. (2010). “Perspective versus Stereotomy: From Quattrocento Polyhedral Rings to Sixteenth-Century Spanish Torus Vaults”. *Nexus Network Journal*, vol. 12 (1): 75 – 111. Turín: Kim William Books.

Calvo López, J. (2011). "From Mediaeval Stonecutting to Projective Geometry". *Nexus Network Journal*, vol. 13 (3): 503 – 533. Turín: Kim William Books.

Calvo López, J. (2011). "La Capilla del Canónigo Jerónimo Grasso y el desplome de la fachada renacentista de la Catedral de Murcia". En *XII Jornadas de Patrimonio Cultural de la región de Murcia*, 13 – 22. Murcia: Consejería de Cultura y Turismo.

Calvo López, J. (2013). "Los rasguños de Alonso de Guardia y la práctica de la cantería española en la Edad Moderna". En *Primer Congreso Internacional: Teoría y Literatura Artística en España. Siglos XVI, XVII y XVIII. Libro de resúmenes*, p. 43 - 44. Málaga: Ministerio de Economía y Competitividad.

Calvo López, J. et al. (2011). "The Tracing for the Sail Vault at the Murcia Cathedral Vestry: Surveying a 16th-Century Full-Scale Working Drawing". *International Journal of Architectural Heritage. Conservation, Analysis and Restoration*, vol. 7(3): 275 – 302.

Calvo López, J. (2014). "Philibert de l'Orme and Spanish Stereotomy". *Colloque International d'Études Humanistes "Philibert De l'Orme. Un architecte dans l'histoire (1514-2014)"*, p. 201 - 216. Turnhout: Brepols,

Camón Aznar, J. M. (1941). "La intervención de Rodrigo Gil en el manuscrito de Simón García." *Archivo Español de Arte*, vol. 14 (45): 300-305. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Camón Aznar, J. M. (1945). *La arquitectura plateresca*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Capitel, A. (1998). "Tafari y Granada. Machuca, Romano y Peruzzi". *Circo* (49). Madrid: Circo MRT.

Carvajal Alcaide, R. (2011). "Estructura y singularidad del Cuaderno de arquitectura de Juan de Portor y Castro (1708-1719)". En *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, ed. Santiago Huerta Fernández, 211 – 220. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Carvajal Alcaide, R. (2011). "Stairs in the Architecture notebook of Juan de Portor y castro: An Insight into Ruled Surfaces". *Nexus Network Journal*, vol. 13 (3): 631–648. Turín: Kim William Books.

Carvajal Alcaide, R. y Cortés López, M. E. (2013). "Aportaciones gallegas para la historia del corte de la piedra en España: Los cuadernos de Juan de Portor y Francisco Sarela". En *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, ed. Santiago Huerta Fernández, vol. 1: 162-170. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Casaseca Casaseca, A. (1988). *Rodrigo Gil de Hontañón (Rascafría, 1500 - Segovia, 1577)*. Valladolid: Junta de Castilla y León.

Castillo Ruiz, J. (1993) "Evolución histórica del entorno del Monasterio de San Jerónimo: su dimensión urbana". *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada*, (24): 257-276. Granada: Universidad de Granada.

Chanfón Olmos, C. (1979). "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. (Reproducido en la edición de 1991, Valladolid: Colegio de Arquitectos, pp. 31- 42).

Checa, F. (1989). "El estilo clásico". *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*, 251-380. Madrid: Cátedra.

Checa, F. and R. Díez del Corral, Eds. (1992). *Reyes y Mecenas. Los Reyes Católicos - Maximiliano I y los inicios de la casa de Austria en España*. Madrid: Electa-Ministerio de Cultura.

Choisy, A. (1899). *Histoire de l'Architecture*. París: Gauthier-Villars (Ed. Facsímil 1943, Inter-Livres).

Chueca Goitia, F. (1953). *Arquitectura del siglo XVI*. Madrid: Plus Ultra.

Chueca Goitia, F. (1954). *Andrés de Vandelvira*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Instituto Diego Velázquez.

Chueca Goitia, F. (1971). Andrés de Vandelvira, arquitecto. Jaén: Diputación (Redactado en 1953; ed. parcial Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1954; ed. 1995, Riquelme y Vargas Ediciones).

Chueca Goitia, F. (1999). "El plateresco en la época de Carlos V". En *El arte en las cortes de Carlos V y Felipe II*, 189 – 195. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Chueca Goitia, F. (2000). "Del gótico al barroco". En *Cuenta y Razón* (115). Madrid: Fundación de Estudios Sociológicos.

Cobrerros Vime, M. A. (1995). *La concepción estática de la obra de fábrica en los edificios civiles del Renacimiento*. Tesis doctoral. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla.

Cruces Blanco, E. (2000). "La documentación sobre Pedro Machuca en el Archivo de la Alhambra: Organización y procedimientos en las obras reales (1520-1550)." *Cuadernos de la Alhambra* (36): 35-50. Granada: Patronato de la Alhambra.

Derand, F. (1643). *L'Architecture des voutes ou l'art des traits et coupe des voutes*. París: Sébastien Cramoisy.

Díaz Fernández, A. J. (1996). "Fray Lorenzo de San Nicolás y la iglesia de Novés (Toledo)". *Espacio, Tiempo y Forma, Serie CVII, Hª del Arte* (9): 107 – 125. Madrid: Universidad Nacional de Educación a distancia.

Díaz Moreno, F. (2004). "Fray Lorenzo de san Nicolás (1593-1679). Precisiones en torno a su biografía y obra escrita". *Anales de Historia del Arte* (14): 157 – 179. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Domínguez Cubero, J. (1984). "Dos documentos sobre la vida de Juan de Maeda, arquitecto y escultor renacentista del reino de Granada." *Boletín del Instituto de Estudios Almerienses. Letras*, vol. 30 (119): 85-117. Almería: Instituto de Estudios Almerienses.

Eisler, W. (1992). "Charles the V and the Cathedral of Granada". *Journal of the Society of Architectural Historians* (51): 174-181. Riverside: University of California.

Eisman Lasaga, C. (1989). "Diego de Siloé y la iglesia de la 'villa' de Montefrío." *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada* (20): 39-49. Granada: Universidad de Granada.

Fassi, F., Achille, C. y Fregonese, L. (2011). "Surveying and modelling the main spire of Milan Cathedral using multiple data sources". *The Photogrammetric Record*, vol. 26 (136): 462 – 487. Nottingham: Remote Sensing and Photogrammetry Society.

Félez Lubelza, C. (1976). "Francisco Florentino: Nuevas observaciones sobre la presencia italiana en Granada". *Congreso Internacional de Historia del Arte* (23): 278-279. Granada: Universidad de Granada.

Félez Lubelza, C. (1979). *El Hospital Real de Granada*. Granada: Universidad de Granada.

Fernández Larrain, S. (1980). "Carlos V y la Capilla Real de Granada." *Chronica nova: Revista de historia moderna de la Universidad de Granada* (11): 89-98. Granada: Universidad de Granada.

Fernández Martín, L. (1986). "Nuevos datos sobre los orígenes del edificio del Archivo de Chancillería". *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología* (52): 393-396. Valladolid: Universidad de Valladolid.

Frézier, A. F. (1937). *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 a 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).

Galera Andreu, P. (1977). *Arquitectura de los siglos XVII y XVIII en Jaén*. Granada: Caja General de Ahorros de Granada.

Galera Andreu, P. (1978). "Una familia de arquitectos giennenses: los Aranda". *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses* (95): 9 – 23. Jaén: Instituto de Estudios Giennenses.

Galera Andreu, P. (1982). *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*. Jaén: Instituto de Estudios Giennenses.

Galera Andreu, P. (1984). "Francisco del Castillo, maestro mayor de la Chancillería de Granada." *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada* (46): 157-158. Granada: Universidad de Granada.

Galera Andreu, P. (1992). "La cabecera de la catedral de Granada y la imagen del 'Templo de Jerusalén.'" *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada* (23): 107-117. Granada: Universidad de Granada.

Galera Andreu, P. (1995). "El Palacio de Carlos V: la idea arquitectónica". En *El Palacio de Carlos V: un siglo para la recuperación de un monumento*, p. 13-66. Granada: Patronato de la Alhambra.

Galera Andreu, P. (2000). *Andrés de Vandelvira*. Madrid: Ediciones Akal.

Galera Andreu, P. (2003). "Úbeda y Baeza, taller universal del Arte de la Cantería". *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses* (186): 161 – 193. Jaén: Instituto de Estudios Giennenses.

Gallego y Burín, A. (1982). *Granada. Guía histórica y artística de la ciudad*. Edición actualizada por Francisco Javier Gallego Roca. Granada: Don Quijote (Publicada por entregas entre 1936 y 1944 en los *Cuadernos de Arte*. Primera edición en Madrid: Fundación Rodríguez-Acosta, 1961).

Gallego Roca, J. (2003). *El Palacio de los Condes de Castillejo*. Granada: Universidad de Granada.

García, S. ([1681] 1941). *Compendio de arquitectura y simetría de los templos, conforme a la medida del cuerpo humano*. Salamanca: Ed. José Camón Aznar, Universidad de Salamanca (Manuscrito 1681, incluyendo otro de Rodrigo Gil de Hontañón. Ed. Facsímil, Churubusco: Escuela de Conservación, Restauración y Museografía, 1979; ed. facsímil y transcripción en Valladolid: Colegio de Arquitectos, 1991).

García Baño, R. (2013) *En torno a un cuaderno manuscrito de dibujos de trazados arquitectónicos conservado en la Biblioteca Nacional*. Trabajo final del Máster. Murcia: Universidad de Murcia.

García Baño, R. y Calvo López, J. (2015). "El arco por esquina y rincón en los tratados y manuscritos de cantería del renacimiento hispánico.". *EGA: Revista de expresión gráfica arquitectónica* (25): 128-137. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Gil de Hontañón, R. (1540). *Manuscrito* (Recogido en el manuscrito de Simón García, *Compendio de Arquitectura y simetría de los templos*, 1681. Ed. facsímil y transcripción en Valladolid: Colegio de Arquitectos, 1991).

Gila Medina, L. (1988). "Ginés Martínez de Aranda. Su vida, su obra y su amplio entorno familiar". *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada* (19): 65 -81. Granada: Universidad de Granada.

Gila Medina, L. (1989 - 1991). *Arte y artistas del Renacimiento en torno a la Real Abadía de Alcalá la Real*. Granada-Alcalá la Real: Universidad de Granada – Ayuntamiento de Alcalá la Real.

Gila Medina, L., y Ruiz Puentes, V. M. (1992). "Andrés de Vandelvira: aproximación a su vida y obra". En *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, 79-118. Sevilla: Consejería de Cultura.

Gila Medina, L. (2002). "Dos dibujos inéditos de Francisco Antonio del Castillo, maestro mayor de las obras de la catedral de Granada (1699 – 1702)". *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada* (33): 93 – 106. Granada: Universidad de Granada.

Gila Medina, L. (2005). *El libro de la catedral de Granada*. Granada: Cabildo Metropolitano de la Catedral de Granada.

Giménez Serrano, J. (1846). *Manual del artista y del viajero en Granada*. Granada: A. Lincres.

Gómez Martínez, J. (1998). *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Crucería*. Valladolid: Universidad de Valladolid.

Gómez-Moreno y González, M. (1892). *Guía de Granada*. Granada: Ed. Indalecio Ventura.

Gómez-Moreno y Martínez, M. (1925). "En la Capilla Real de Granada." *Archivo Español de Arte y Arqueología*. 225-288. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Gómez-Moreno y Martínez, M. (1925). "Sobre el Renacimiento en Castilla. Notas para un discurso preliminar." *Archivo Español de Arte y Arqueología* (1): 1-40. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Gómez-Moreno y Martínez, M. (1941). *Las águilas del Renacimiento español*. Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Gómez-Moreno y Martínez, M. (1949). *El libro español de Arquitectura*. Madrid: Instituto de España.

Gómez-Moreno, M. (1963). *Diego Siloé. Homenaje en el IV centenario de su muerte*. Granada: Universidad de Granada.

Gómez-Moreno y Martínez, M. (1988). *Diego Siloé*. (Prólogo por José Manuel Gómez-Moreno Calera). Granada: Universidad de Granada.

Gómez-Moreno y Martínez, M. (1991). *Sobre el Renacimiento en Castilla*. Granada: Universidad de Granada. (Primera edición en Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1949).

Gómez-Moreno Calera, J. M. (1989). "El licenciado Lázaro de Velasco, pintor de libros y arquitecto. Aproximación a su biografía y obra". *Boletín de Arte* (10): 75-92. Málaga: Universidad de Málaga.

Gómez-Moreno Calera, J. M. (1989). *La arquitectura religiosa granadina en la crisis del Renacimiento (1560-1650)*. Granada: Universidad de Granada-Diputación.

Gómez-Moreno Calera, J. M. (1989). *Las iglesias de las Siete Villas (Colomera, Guadahortuna, Illora, Iznalloz, Moclín, Montefrío y Montejícar)*. Granada: Fundación Rodríguez Acosta.

Gómez-Moreno Calera, J. M. (1989). "Relaciones artísticas entre Jaén y Granada en los inicios de la modernidad: Aproximación a una corriente histórica." *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, vol. 35 (138): 59-71. Jaén: Instituto de Estudios Giennenses.

Gómez-Moreno Calera, J. M. (1992). *El arquitecto granadino Ambrosio de Vico*. Granada: Universidad de Granada.

Gómez-Moreno Calera, J. M. (1992). "Juan de Maeda a la sombra de Siloé. Noticias y reflexiones sobre su vida y obra." *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada* (23): 137-158. Granada: Universidad de Granada.

Guardia, A. de. (c. 1600). *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).

Gutiérrez-Cortines Corral, C. (1977). "Jerónimo Quijano, un artista del Renacimiento Español". *Goya: Revista de arte* (139): 2-11. Madrid: Fundación Lázaro Galdiano.

Gutiérrez-Cortines Corral, C. (1987). *Renacimiento y arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena: (Reyno de Murcia, Gobernación de Orihuela y Sierra del Segura)*. Murcia: Consejería de Cultura.

Gutiérrez García, A. M. (2007). *El Monasterio de San Jerónimo de Granada, musealización y puesta en valor de un monumento*. Trabajo Final de Máster. Granada: Universidad de Granada.

Harvey, J. (1957). *Cathedrals of Spain*. London: B.T. Batsford Ltd.

Henssler, R. (1993). "Una visión en piedra: el Palacio de Carlos V y la idea del imperio universal". *Cuadernos de la Alhambra* (29): 233-264. Granada: Patronato de la Alhambra.

Heydenreich, L. ([1974] 1996). *Architecture in Italy 1400-1600*. New Haven: Yale University Press.

Hoyo y Alonso-Martínez, P. (1976). "Las ventanas de ángulo del Renacimiento Español". *Goya: Revista de arte* (130): 228-230. Madrid: Fundación Lázaro Galdiano.

Huerta, S. (2007). "Oval domes: History, Geometry and Mechanics". *Nexus Network Journal*, vol. 9 (2): 211 – 248. Turín: Kim William Books.

Imbert, P. L. (1875). *L'Espagne, splendeurs et misères: voyage artistique et pittoresque*. Paris: E. Plon et cie.

Jimenez Martin, A. y Pinto Puerto, F. (1993). "Monteas de la Catedral de Sevilla". *EGA: Revista de Expresion Grafica Arquitectonica* (1): 79 – 84. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Jiménez Martín, A. y Pinto Puerto, F. (2003). *Levantamiento y análisis de edificios. Tradición y futuro*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Jiménez Torrecillas, A., et al. (2007). "La investigación arquitectónica, el proyecto de arquitectura y el acondicionamiento ambiental en el proyecto de adecuación de la planta principal del Palacio de Carlos V de Granada". *Informes de la Construcción*, vol. 59 (507): 5-19. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

Jerez Mir, C. (2003). *Guía de Arquitectura de Granada*. Granada: Editorial Comares. (Primera edición en Granada: Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, 1996)

Justi, C. (1908). "Anfänge der Renaissance in Granada". *Jahrbuch der Preußischen Kunstsammlungen*, vol. 12 (4): 173 – 192. Friburgo: Verlag Karl Alber in der Verlag Herder GmbH. (Primera edición en 1891)

Justi, C. (1896). *Die Kathedrale von Granada und ihr Baumeister*. Düsseldorf: L. Schwann.

Kubler, G. E. (1957). "Arquitectura de los siglos XVII y XVIII". *Ars Hispaniae*, (14): 30-31. Madrid: Plus Ultra.

Kubler, G. E. y Soria, M. (1959). *Architecture. Art and Architecture in Spain and Portugal (1500-1800)*. Harmondsworth: Pelican Books.

L'Orme, P. de (1567). *Le premier tome de l'Architecture*. París: Federic Morel (Ed. facsímil en París: Léonce Laget, 1988).

Laborde, A. (1806). *Voyage pittoresque et historique de l'Espagne / par Alexandre de Laborde, et une société de gens de lettres et d'artistes de Madrid*. París: De l'imprimerie de Pierre Didot l'ainé.

Lagostina, A. (2014). *Modellazione parametrica real-based di oggetti architettonici complessi*. Milán: Politécnico de Milán.

Lampérez y Romea, V. ([1908-1909] 1930). *Historia de la Arquitectura Cristiana Española en la Edad Media: según el estudio de Los Elementos y los Monumentos*. Madrid: Espasa-Calpe (Primera edición en Madrid, 1908 - 1909).

Lampérez y Romea, V. (1914). "El castillo de La Calahorra". *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones* (22): 1-28. Madrid: Sociedad Española de Excursiones.

Lampérez y Romea, V. ([1922] 1993). *Arquitectura civil española de los siglos I al XVIII*. Madrid: Ediciones Giner. (Primera edición en Madrid: Editorial Saturnino Calleja, 1922).

León Coloma, M. A. (1988). *El programa iconográfico del Palacio de la Real Chancillería de Granada*. Granada: Fundación Rodríguez Acosta.

Líndez, B., y Rodríguez, M. (2015). "La bóveda anular del Palacio de Carlos V en Granada. Hipótesis constructiva". *Informes de la construcción* 67 (540): e125, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.15.004>. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

López Guzmán, R. J. (1984). "Arquitectura civil de Francisco del Castillo en Martos". *Cuadernos de arte de la Universidad de Granada* (16): 173 – 181. Granada: Universidad de Granada.

López Guzmán, R. J., Gómez-Moreno Calera, J. M. y Moreno Garrido, A. (1984). "La plataforma de Ambrosio de Vico: cronología y gestación". *Arquitectura Andalucía Oriental* (2): 6-13. Granada: Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Oriental.

López Guzmán, R. J. (1987). *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI*. Arquitectura civil y Urbanismo. Granada: Diputación.

López Guzmán, R. J. (1992). "El arquitecto Juan de Minjares en Granada". *Laboratorio de Arte* (5): 99-109. Sevilla: Universidad de Sevilla.

López Guzmán, R. y Gila Medina, L. (1992). "La arquitectura en Granada a fines del siglo XVI: la escalera del convento de Santa Cruz la Real". *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada* (23): 159-188. Granada: Universidad de Granada.

López Guzmán, R. J. y Espinosa Spínola, G. (2001). *Pedro Machuca*. Granada: Ed. Comares.

López Guzmán, R. J. (2006). *Guía Artística de Granada y su provincia*. Sevilla: Fundación José Manuel Lara.

López Mozo, A. (2005). "Bóvedas cilíndricas en el Monasterio de El Escorial: dos ejemplos de lunetos". En *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, ed. Santiago Huerta Fernández, 667 - 677. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

López Mozo, A. (2009). *Bóvedas de piedra del Monasterio de El Escorial*. Tesis doctoral. Madrid: Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.

López Mozo, A. (2011). "Ovals for any given proportion in Architecture: A layout possibly known in the Sinteeth Century". *Nexus Network Journal*, vol. 13 (3): 569 – 597. Turín: Kim William Books.

López Mozo, A., Rabasa Díaz, E. y Sobrino González, G. (2011). "La línea en el control material de la forma". En *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, ed. Santiago Huerta Fernández, 743 - 754. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

López Otero, M. (1958). *La arquitectura española en la época de Carlos V*. Santander: Universidad Internacional Menéndez Pelayo.

Lotz, W. (1955). "Die ovalen Kirchenräume des Cinquecento". *Römisches Jahrbuch für Kunstgeschichte* (7): 7 – 99. Friburgo: Verlag Karl Alber in der Verlag Herder GmbH.

Loukomski, G. (1944). "The Palace of Charles V at Granada". *Burlington Magazine* (84): 119-124. Londres: The Burlington Magazine Publications Ltd.

Mandelli, A. (2011). *Moderne tecniche di rilievo e documentazione dei Beni Culturali*. Milán: Politécnico de Milán.

Mandelli, A. (2016). *Surveying modeling and management of cultural heritage. Definition of good practices through applications on monuments and artworks*. Tesis doctoral. Milán: Politécnico de Milán.

Marías Franco, F. (1979). "El problema del arquitecto en la España del siglo XVI." *Academia. Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando* (48): 175-216. Madrid: Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.

Marías Franco, F. (1983-1984). "El papel del arquitecto en la España del siglo XVI". En *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*. Paris: Picard Editeur.

Marías Franco, F. (1983-1984). "Piedra y ladrillo en la arquitectura española del siglo XVI". En *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*, Tours, Picard Editeur.

Marías Franco, F. (1983). *La arquitectura del Renacimiento en Toledo (1541-1631)*. Madrid: Editorial CSIC.

Marías Franco, F. (1984). "A propósito del manierismo y el arte español del siglo XVI". En *Manierismo*, 7-47. J. Shearman. Madrid: Xarait.

Marías Franco, F. (1989). *El largo siglo XVI: los usos artísticos del Renacimiento español*. Madrid: Taurus.

Marías Franco, F. (1990). "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* (2): 117-129. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

Marías Franco, F. (1992). "Materiales y técnicas: viejos fundamentos para las categorías arquitectónicas del Quinientos". *Primer Congreso de Historia del Arte valenciano*, 263-269. Valencia: Generalitat Valenciana.

Marías Franco, F. (1993). "Trazas, trazas, trazas. Tipos y funciones del diseño arquitectónico". En *Juan de Herrera y su influencia*. Santander: Universidad de Cantabria.

Marías Franco, F. (1993). *El siglo XVI: Gótico y Renacimiento*. Madrid: Silex Ediciones.

Marías Franco, F. (1998). "La iglesia del Escorial: de templo a basílica". En *Felipe II y el arte de su tiempo*. Madrid: Fundación Argentaria.

Marías Franco, F. (1998). *Los Mendoza y la introducción del Renacimiento en España*. Sevilla: Real Maestranza de Caballerías de Sevilla. 29-44

Marías Franco, F. (2000). "El palacio de Carlos V en Granada: formas romanas, usos castellanos". En *Carlos V y las artes: promoción artística y familia imperial*, 107-128. Valladolid: Junta de Castilla y León – Universidad de Valladolid.

Marías Franco, F. (2008). "Geografías de la arquitectura del Renacimiento." *Artígrama: Revista del Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Zaragoza* (23): 21-37. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.

Martínez De Aranda, G. (c. 1600). *Cerramientos y trazas de montea*. (Ed. facsímil 1986, CEHOPU, con prólogo de José Mañas Martínez y estudio preliminar de Antonio Bonet Correa).

Méndez Hernán, V. (1997). "La intervencion de Diego de Siloé en la catedral de Plasencia. La portada de enlosado y su relación con el muro de la girola de la catedral de Granada". *Alcántara: Revista del Seminario de Estudios Cacerenses* (40): 37-53. Cáceres: Institución Cultural "El Brocense".

Migliaccio, L. (1993). "L'iconografia della cappella Caracciolo di Vico a Napoli. Un manifesto dell'umanesimo napoletano e gli esordi di Bartolome Ordoñez e Diego de Siloe". *Cuadernos de Arte e Iconografía*, vol. 6 (12): 69 - 76. Madrid: Fundación Universitaria Española.

Milicua, J. (1955). "Nuevas sobre Ordóñez y Siloé en Nápoles". *Archivo Español de Arte*, vol. 28: 77. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Morales Martínez, A. J. (1981). *El Ayuntamiento de Sevilla. Arquitectura y Simbología*. Sevilla: Servicio de Publicaciones del Excmo. Ayuntamiento

Morales Martínez, A. J. (1981). *La obra renacentista del Ayuntamiento de Sevilla*. Sevilla: Servicio de Publicaciones del Excmo. Ayuntamiento.

Morales Martínez, A. J. (1984). *La Sacristía Mayor de la Catedral de Sevilla*. Colección "Arte Hispalense". Sevilla: Excma. Diputación provincial de Sevilla.

Morales Martínez, A. J. (1985). *La Catedral de Sevilla: la arquitectura de la catedral de Sevilla en los siglos XVI-XVIII*. Sevilla: Ed. Guadalquivir.

Morales Martínez, A. J. (1989). "Tradición y modernidad". En *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599*. Madrid: Cátedra: 97-249.

Morales Martínez, A. J. (1991). "Sobre la Capilla Real de Sevilla y algunos de sus creadores." *Archivo Hispalense: Revista histórica, literaria y artística*, vol. 74 (227): 185-194. Sevilla: Diputación Provincial de Sevilla.

Morales Martínez, A. J. (1992). "Italia, los italianos y la introducción del Renacimiento en Andalucía". En *Reyes y Mecenas. Los Reyes Católicos, Maximiliano I y los inicios de la casa de Austria en España, 177-197*. Madrid: Ministerio de Cultura.

Morales Martínez, A. J. (1996). *Hernán Ruiz 'El Joven'*. Madrid: Ediciones Akal.

Morena Bartolomé, A. de la (1999). "La arquitectura en la época de los Reyes Católicos. Identidad y encrucijada de culturas". *Anales de Historia del Arte* (9): 55 – 66. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Moreno Garrido, A. (1976). "El grabado en Granada durante el siglo XVII. La calcografía". *Cuadernos de arte de la Universidad de Granada*, vol. 13 (26 – 28): 9 – 218. Granada: Universidad de Granada.

Moreno Mendoza, A. (1993). *Úbeda Renacentista*. Madrid: Electa.

Moreno Mendoza, A. (2006). "Andrés de Vandelvira y Francisco del Castillo, dos arquitectos renacentistas en el Jaén del siglo XVI". *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses* (193): 63 – 81. Jaén: Instituto de Estudios Giennenses.

Moreno Olmedo, M. A. (1988) "Monasterio de N^{ra} Señora de la Concepción de la orden jerónima de Granada, sus privilegios". *Cuadernos de la Alhambra* (24): 144 – 146. Granada: Patronato de la Alhambra.

Morón de Castro, M. F. (1995). *La iglesia de San Miguel. Cinco siglos en la historia de Morón de la Frontera XVI-XVIII*. Sevilla: Universidad de Sevilla -Fundación Fernando Villalón.

Natividad Vivó, P. (2007). *Bóvedas baídas de cantería en el Renacimiento Español*. Tesis doctoral. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

Natividad Vivó, P. (2011). *Análisis estereotómico de bóvedas del Portal y las Torres de Quart*. Trabajo final de Máster. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Natividad Vivó, P. y Calvo López, J. (2012). "La geometría de la bóveda por cruceros de El Salvador de Caravaca de la Cruz". En *Actas del XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*, 329 – 336. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Natividad Vivó, P. y Calvo López, J. (2014). "El despiece helicoidal de la baída del acceso de la iglesia de San Juan de Caballeros (Jerez de la Frontera)". *Anuario de Jóvenes Investigadores*, vol. 7: 123-125.

Navascués Palacio, P. (1971). "El manuscrito de arquitectura de Hernán Ruiz el joven". *Archivo Español de Arte* (175): 295-322. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Navascués Palacio, P. (1974), "Estudio". En *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Nieto Alcaide, V. (1989). "Renovación e indefinición estilística, 1488 – 1526". En *Arquitectura del Renacimiento en España: 1488-1599*, 13 - 96. Madrid: Ediciones Cátedra.

Nieto Alcaide, V., Morales, A. y Checa, F. (1989). *Arquitectura del Renacimiento en España*, 1488-1599. Madrid: Cátedra.

Nocerino, E., Menna F. y Remondino, F. (2014). "Accuracy of typical photogrammetric networks in cultural heritage 3D modeling projects". En *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 40 (5): 465 – 472. Riva del Garda: ISPRS Foundation.

Palacios González, J.C. (1986). "La estereotomía en el Renacimiento. El Escorial". *Fábricas y orden constructivo (La Construcción): IV Centenario del Monasterio del Escorial*. Madrid: Comunidad de Madrid.

Palacios González, J.C. (1987). "La estereotomía como fundamento constructivo del Renacimiento español". *Informes de la Construcción*, vol. 39 (389): 73–86.

Palacios Díaz, J. y Palomino Urda, P. (1987). "Estado actual en que se encuentran las fachadas de piedra de la iglesia de San Jerónimo". *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada*, (18): 135- 145. Granada: Universidad de Granada.

Palacios González, J.C. (2003). *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*. (Primera edición en 1990, Madrid: Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales). Madrid: Editorial Munilla-Llería.

Palacios Gonzalo, J. C. (2009). *La cantería medieval. La construcción de la bóveda gótica española*. Madrid: Munilla-Llería.

Palacios González, J. C. y Bravo, S. C. (2013). "Diseño y construcción de las bóvedas por cruceros en España durante el siglo XVI". *Informes de la Construcción* 65 (Nº Extra 2): 81 – 94. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

Pérez de Moya, J. (1573). *Tratado de matemática en que se contienen cosas de Arithmética, Geometría, Cosmographia y Philosophia natural*, Alcalá de Henares: Juan Gracián.

Perouse de Montclos, J. M. (1982). *L'Architecture a la française. Du milieu du XVe à la fin du XVIIIe siècle*. París: Picard Editeur.

Portor y Castro, J. de. (1708). *Cuaderno de arquitectura*. Madrid: Biblioteca Nacional (Ms 9114).

Potié, P. (1996). *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*. Marseille: Éd. Parenthèses.

Rabasa Díaz, E. (1994). "Los arcos oblicuos en la traza de cantería". *EGA: Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica* (2): 145-153. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Rabasa Díaz, E. (1996). "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*, ed. Santiago Huerta Fernández, 423 – 433. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Rabasa Díaz, E. (2000). *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Ediciones Akal.

Rabasa Díaz, E. (2007). *Guía práctica de la estereotomía de la piedra*. León: Centro de los Oficios.

Rabasa Díaz, E. (2009). "Soluciones innecesariamente complicadas en la estereotomía clásica". En *El arte de la piedra*, p. 49-68. Madrid: CEU Ediciones.

Remondino, F., Guarnieri, A. y Vettore, A. (2005). "Modeling of close-range objects: Photogrammetry or laser scanning?". En *SPIE Proceedings: 3D Data Processing and Integration*, vol. 5665. doi:10.1117/12.586294.

Remondino, F. (2006). "Detectors and descriptors for Photogrammetric applications". *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, vol. 36 (3): 49 – 54. ISPRS Foundation.

Remondino, F. y El-Hakim, S., (2006). Image-based 3D modelling: a review. *The Photogrammetric Record*, vol. 21 (115): 269-291. Toronto: National Research Council of Canada.

Remondino, F., El-Hakim, S., Baltsavias, E., Picard, M. y Grammatikopoulos, L. (2008). "Image-Based 3D modeling of the Erechteion, Acropolis of Athens". *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 37 (B5): 1083-1091.

Remondino, F., El-Hakim, S., Girardi, S., Rizzi, A., Benedetti, S. y Gonzo, L. (2009). "3D Virtual reconstruction and visualization of complex architectures - The 3D-ARCH project". *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 38 (5/W1). Trento: ISPRS Foundation.

Remondino F., Pizzo, S., Kersten, T. P. y Troisi, S. (2012). "Low-Cost and Open-Source Solutions for Automated Image Orientation – A Critical Overview". *Lecture notes in computer science*, vol. 7616: 40 – 54. Chipre.

Riaño, J. F (1884). "Estudio crítico de las descripciones antiguas y modernas del palacio árabe de Granada". *Revista De España*, t. 97 (385): 5-25

Rodríguez Gutierrez de Ceballos, A. (1962). "La arquitectura del Manierismo." *Revista de Ideas Estéticas*, vol. 20 (77): 3 - 29. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Instituto Diego Velázquez.

Rodríguez Gutierrez de Ceballos, A. (1990). "La planta elíptica: de El Escorial al Clasicismo español." *Anuario del Departamento de Teoría e Historia del Arte de la Universidad Autónoma de Madrid* (2): 151 - 172. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

Rodríguez Molina, J. (2009). "El monasterio de San Jerónimo de Granada. Patrimonio y 'más allá'". *Gazeta de Antropología*, Vol. 25 (1): artículo 15, doi: <http://hdl.handle.net/10481/6862>. Granada: Universidad de Granada.

Rodríguez Ruiz, D. (1992). *José de Hermosilla y las antigüedades árabes de España: la memoria frágil*. Madrid: Servicio de Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos, D. L.

Rodríguez Ruiz, D. (1993). "Tradición e innovación en la arquitectura de Vicente Acero". *Anales de Arquitectura* (4): 37 – 49. Valladolid: Universidad de Valladolid.

Rodríguez Ruiz, D. (1997). "Sobre un dibujo inédito de la planta de la catedral de Granada en 1594." *Archivo Español de Arte*, vol. 70 (280): 355-374. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Rodríguez Ruiz, D. (2000). "Sobre los dibujos del palacio de Carlos V en la Alhambra de Granada conservados en la Real Biblioteca." *Reales Sitios* (145): 16-27. Madrid: Patrimonio Nacional.

Rodríguez Ruiz, D. (2001). "Las Trazas del Palacio de Carlos V en la Alhambra de Granada". En *Las trazas de Juan de Herrera y sus seguidores*, 417-448. Madrid: Patrimonio Nacional.

Rojas, C. de. (1598). *Teórica y práctica de fortificación, conforme a las medidas de estos tiempos...* Madrid: Luis Sánchez. (Ed. facsímil en Tres tratados sobre fortificación y milicia, Madrid, CEHOPU, 1985).

Rosenthal, E. E. (1958). "A Renaissance 'Copy' of the Holy Sepulchre". *Journal of the Society of Architectural Historians*, vol. 17 (1): 2-11. Chicago: Society of Architectural Historians.

Rosenthal, E. E. (1958). "The image of Roman Architecture in Renaissance Spain". *Gazette des Beaux-Arts* (52): 329-346. París.

Rosenthal, E. E. (1961). *The Cathedral of Granada. A Study in the Spanish Renaissance*. Princeton: Princeton University Press.

Rosenthal, E. E. (1966). *Diego Siloé Arquitecto de la Catedral de Granada*. Granada: Universidad de Granada.

Rosenthal, E. E. (1971). "Plus Ultra, Non plus Ultra, and the Columnar Device of Emperor Charles V". *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, vol. 34: 204-228. Londres: The Warburg Institute.

Rosenthal, E. E. (1973). "The Invention of the Columnar Device of Emperor Charles V at the Court of Burgundy in Flanders in 1516". *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, vol. 36: 198-230. Londres: The Warburg Institute.

Rosenthal, E. E. (1978). "The Diffusion of the Italian Renaissance style in Western Europe". *Sixteenth Century Journal*, vol. 9: 35 - 45. Kirksville: Truman State University.

Rosenthal, E. E. (1985). *The Palace of Charles V in Granada*. Princeton: Princeton University Press.

Rosenthal, E. E. (1988). *El palacio de Carlos V en Granada*. Madrid: Alianza Editorial.

Rosenthal, E. E., Ed. (1988). *Seminario sobre Arquitectura imperial*. Granada: Universidad de Granada.

Rosenthal, E. E. (1990). *La catedral de Granada*. Granada: Universidad de Granada.

Rosenthal, E. E. (1992). "Emperor Charles V as patron of the visual arts". *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada* (23): 97 – 106. Granada: Universidad de Granada.

Rosenthal, E. E. (2011). "La catedral de Granada: el altar mayor bajo cúpula". *Anuario del Departamento de Historia y Teoría del Arte* (23): 21 – 30. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

Rovira Y Rabassa, A. (1897). *Estereotomía de la Piedra*. Barcelona: Provincial de la Caridad.

Ruiz de la Rosa, J. A. y Rodríguez Estévez, J. C. (2000). Monteas en las azoteas de la Catedral de Sevilla: Análisis de los testimonios. En *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, ed. Santiago Huerta Fernández, 165 – 175. Madrid: Instituto Juan de Herrera. Vol. 2: 965 – 978.

Ruiz el Joven, H. (c. 1550). *Libro de Arquitectura* (Manuscrito c. 1550. Estudio y edición crítica por Pedro Navascués Palacio en Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 1974).

Ruiz Rodríguez, A. Á., Gómez-Moreno Calera, J. M. y Álamo Fuentes, I. del. (1984). "Francisco del Castillo, autor de la fachada de la Chancillería de Granada".

Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada (46): 159-172. Granada: Universidad de Granada.

Ruiz Rodríguez, A. Á. (1984). *La Real Chancillería de Granada en el siglo XVI*. Tesis doctoral. Granada: Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Granada.

Ruiz Rodríguez, A. Á., Gómez-Moreno Calera, J. M. y Álamo Fuentes, I del. (1989). "Francisco del Castillo, autor de la fachada de la chancillería de Granada." *Archivo Español de Arte*, vol. 62 (247): 364-371. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Sagredo, D. de. (1526). *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: Remon de Petras (Ed. facsímil de la ed. de Toledo de 1549 en Madrid: Consejo de Colegios de Arquitectos Técnicos, 1986).

Salcedo Galera, M. y Calvo López, J. (2014). "La cabecera de Santa María de Chinchilla. Levantamiento y análisis geométrico". En *Actas del XII Congreso Internacional De Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*, 184 – 193. Madrid: Universidad Europea de Madrid.

Salcedo Galera, M. y Calvo López, J. (2015). "Los primeros lunetos en cantería de los tiempos modernos: sobre la bóveda de la cripta del Palacio de Carlos V en Granada". En *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*, ed. Santiago Huerta Fernández, 1551 – 1559. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Salcedo Galera, M., Calvo López, J y Shah Kalpeshbhai, A. (2015). "Photogrammetric surveying and stereotomy the East hall of the Palace of Charles V in Granada". En *Digital Heritage International Congress Proceedings: Digitization & Acquisition, Computer*, vol.1: 115 – 118, doi: 10.1109/DigitalHeritage.2015.7413848. Granada: IEEE.

Salcedo Galera, M. y Calvo López, J. (2016). "La bóveda anular del palacio de Carlos V en Granada. Levantamiento y análisis geométrico y constructivo". *EGA: Revista de expresión gráfica arquitectónica*, vol. 21 (28): 52-59. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Salcedo Galera, M. (2016). "Secciones ovales en la arquitectura renacentista. El Palacio de Carlos V en Granada". *IX Anuario jóvenes investigadores* (9): 30-33. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

San Nicolás, F. L. (1639). *Arte y uso de Arquitectura*. Madrid: Imprenta de Juan Sanchez (Ed. Facsímil en Valencia: Albatros, 1989).

Sanabria, S. L. (1982). "The mechanization of design in the XVIth century: The structural formulae of Rodrigo Gil de Hontañón". *Journal of the Society of Architectural Historians*, vol. 41 (4): 281-93. Riverside: University of California.

Sanabria, S. L. (1984). *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*. Tesis doctoral. Princeton: University of Princeton.

Sanabria, S. L. (1987). "Earl E. Rosenthal. The Palace of Charles V in Granada". *Renaissance Quarterly*, vol. 40 (2): 336-339. Chicago: University of Chicago Press.

Sanabria, S. L. (1989). "From Gothic to Renaissance Stereotomy". *Technology and culture*, p. 266 – 299. Oklahoma: Technology and Culture Editorial Office -University of Oklahoma.

Senent Domínguez, R. (2011). "Las bóvedas irregulares del tratado de Vandelvira. Estrategias góticas en cantería renacentista". En *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, ed. Santiago Huerta Fernández, 1329 - 1338. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Senent Domínguez, R. (2014). "Las bóvedas en la tratadística: Planteamiento constructivo o concepción geométrica". En *Teoría y Literatura Artística en España Revisión historiográfica y estudios contemporáneos*, 573-595. Madrid: Real Academia de las Artes de San Fernando.

Senent-Domínguez, R. y López-Mozo, A. (2013). "The dissemination of a model. Juan Guas asymmetrical vault in Segovia Cathedral and its 'close relatives' across Europe". *Second Forum on Medieval Art / Forum Kunst des Mittelalters*, 2013. Berlín: Freie Universität Berlin.

Senent Domínguez, R., Salcedo Galera, M. y Calvo López, J. (2016). "Las bóvedas de la girola de la catedral de Granada: ¿tradición gótica o innovación renacentista?". En *1514: Arquitectos tardogóticos en la encrucijada*, 383-394. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Senent Domínguez, R. (2014). *La deformación del tipo. Construcción de bóvedas no-canónicas en España (siglos XVI-XVIII)*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Serlio, S. (1552). *Tercero y cuarto libro de Architectura...nuevamente traduzido de Toscano en Romance Castellano por Francisco de Villalpando* Architecto. Toledo: Ivan de Ayala (Ed. Facsímil en Barcelona: Altafulla, 1990).

Serlio, S. (1600). *Tutte l'opere d'architettura*. Venecia (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 straordinario*, puertas, Lyon, 1551; Libro VII, Francfort, 1575; *I sette libri dell' architettura*, Venecia 1584).

Sierra Delgado, R. (2002). "Una re-visión del proyecto de Diego de Siloe de la Sacra Capilla del Salvador de Úbeda". En *Actas del IX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. A Coruña.

Sigüenza, J. de. (1605). *Tercera parte de la Historia de la Orden de San Jerónimo Doctor de la Iglesia. Dirigida al Rey nuestro Señor, Don Philippe III*. Por Fray Joseph de Sigüenza, de la misma Orden. Madrid: En la Imprenta Real (Nueva edición Historia de la Orden de San Jerónimo, 2ª edición, NBAE, 12, Madrid, 1909).

Soler Estrela, A. y Almagro Gorbea, A. (2014). "Levantamiento de bóvedas de arcos entrecruzados: Técnicas aplicadas al caso de la torre del homenaje del castillo de Villena (Alicante)". *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica* (23): 204-213. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Summerson, J. ([1974] 1984) *El lenguaje clásico de la arquitectura*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

Swinburne, H. (1787). *Travels through Spain in the years 1775 and 1776. In which several monuments of roman and moorish architecture are illustrated by accurate drawings taken on the spot*. Londres: J. Davis.

Taín Guzmán, M. (2003). "Las monteas de la catedral de Santiago de Compostela: de la arquitectura a la escultura". En *Correspondencia e integración de las artes : 14º Congreso Nacional de Historia del Arte*, ed. de Juan Antonio Sánchez López, vol. 1: 509 - 522. Málaga: Ministerio de Educación Cultura y Deporte.

Tafari, M. (1987). "Il palazzo di Carlo V a Granada: architettura 'a lo romano' e iconografia imperiale." *Ricerche di Storia dell'arte* (32): 4-26. Roma: Carocci editore.

Tafari, M. (1988). "El Palacio de Carlos V en Granada: arquitectura 'a lo romano' e iconografía imperial". *Cuadernos de la Alhambra* (24): 77-108. Granada: Patronato de la Alhambra.

Taylor, R. (1962). "Earl E. Rosenthal. The Cathedral of Granada. A study in the Spanish Renaissance". *The Art Bulletin*, vol. 44 (3): 246 – 248. Nueva York: College Art Association.

Taylor, R. (1976). "The façade of the Chancilleria of Granada". En *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte. España entre el Mediterraneo y el Atlantico*, t. II: 419 - 436. Granada: Universidad de Granada.

Tessari, C. (1992). "La cattedrale di Jaén: un'architettura 'al uso Romano'nella Spagna del Cinquecento". *Annali di Architettura* (4 – 5): 88-101. Vicenza: Electa.

Torres Balbás, Leopoldo (1922). "Los cimborrios de Zamora, Salamanca y Toro". *Arquitectura* (4): 97-117. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

Torres Balbás, L. (1965). "Diario de obras en la Alhambra: 1923". *Cuadernos de la Alhambra* (1): 75 – 92. Granada: Patronato de la Alhambra.

Torres Balbás, L. (1966). "Diario de obras en la Alhambra: 1924". *Cuadernos de la Alhambra* (2): 89-111. Granada: Patronato de la Alhambra.

Torres Balbás, L. (1967). "Diario de obras en la Alhambra: 1925 - 1926". *Cuadernos de la Alhambra* (3): 125-152. Granada: Patronato de la Alhambra.

Torres Balbás, L. (1968). "Diario de obras en la Alhambra: 1927 - 1929". *Cuadernos de la Alhambra* (4): 99-128. Granada: Patronato de la Alhambra.

Torres Balbás, L. (1969). "Diario de obras en la Alhambra: 1930 - 1936". *Cuadernos de la Alhambra* (5): 69-94. Granada: Patronato de la Alhambra.

Tormo, E. (1912) "Un rasgo de su Magestad el Rey". En *La Época*, 5.

Tormo, E. (1917). "El brote del Renacimiento en los monumentos españoles y los Mendoza del siglo XV". *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones* 25 (1): 51-65. Madrid: Sociedad Española de Excursiones.

Ureña Uceda, A. (1999). "La catedral de Granada y su imagen. Fortuna crítica de su representación gráfica desde el siglo XVI al XIX". *Cuadernos de arte e iconografía*, vol. 8 (16): 265 – 312. Madrid: Fundación Universitaria Española.

Valladar y Serrano, F. de P. (1892). *La Real Capilla de Granada. Estudio crítico-histórico*. Granada: Tip. Hospital de Santa Ana.

Valladar y Serrano, F. de P. (1912 - 1913). "Planos de Juan de Herrera y Pedro Machuca". *Arte Español* (1): 49-50. Madrid: Sociedad Española de Amigos del Arte.

Valladar y Serrano, F. de P. ([1906] 2000). *Guía de Granada* (Estudio preliminar de Juan Manuel Barrios Romea. Primera edición en 1906, Granada). Granada: Universidad de Granada y Ed. Comares.

Valladar y Serrano, F. de P. (1988). *Don Álvaro de Bazán en Granada: apuntes históricos por Francisco de Paula Valladar*. Madrid: Imprenta de la Real Casa.

Vandelvira, Alonso de, (c. 1585) *Libro de Traças de cortes de Piedras*. Madrid: Biblioteca de la Escuela de Arquitectura, R -10. Original 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).

Vignola, G. B. (1619). *Regla de los cinco órdenes de arquitectura*. (Ed. Facsímil con introducción de Francisco Calvo Serraller en Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 1979).

Viollet le Duc, E. (1854). *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, París: B. Bauce (Ed. Paris, 1979, F. de Nobele, 10 vol. Tr. esp. del artículo «Construction» de Enrique Rabasa, *La construcción medieval*, Madrid, CEHOPU, 1996).

Wendland, D., Aranda Alonso, M. y Ventas Sierra, M. J. (2015). "El corte de la piedra en bóvedas tardogóticas complejas a la luz de los primeros tratados modernos de estereotomía". En *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*, ed. Santiago Huerta Fernández, 1781-1791. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Wethey, H. E. (1943). "The Early Works of Bartolomé Ordóñez and Diego de Siloé in Naples (I)". *The Art Bulletin*, vol. 27 (3): 226-238. Nueva York: College Art Association.

Wethey, H. E. (1964). "Escaleras del primer renacimiento español". *Archivo Español de Arte*, t. 37 (148): 295-306. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Wilkinson Zerner, C. (1974). "The career of Juan de Minjares and the Reform of Spanish architecture under Philip II". *Journal of the Society of Architectural Historians*, vol. 33 (2): 122-132. Riverside: University of California.

Wilkinson Zerner, C. (1975). "The Escorial and the invention of the Imperial Staircase." *Art Bulletin*, vol. 67 (1): 65-90. Nueva York: College Art Association.

Wilkinson Zerner, C. (1977). Juan de Mijares and the Reform of Spanish architecture under Philip II. En *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte. España entre el Mediterraneo y el Atlantico*, t. II: 443 - 448. Granada: Granada.

Wilkinson Zerner, C. (1983-1984). "Building from drawings at the Escorial". *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*. Paris: Picard Editeur.

Wilkinson Zerner, C. (1985). "La Calahorra and the Spanish Renaissance staircase. L'escalier dans l'architecture de la Renaissance". En *Actes du colloque tenu à Tours du 22 au 26 mai 1979*. Paris: Picard Editeur.

Wilkinson Zerner, C. (1985). "Planning a style for the Escorial: an architectural treatise for Philip of Spain". *Journal of the Society of Architectural Historians*, vol. 44 (1): 37-47. Riverside: University of California.

Wilkinson Zerner, C. (1993). *Juan de Herrera. Architect to Philip II of Spain*. New Haven: Yale University Press.

Zalama Rodríguez, M. Á. (1990). *El Palacio de La Calahorra*. Granada: Caja General de Ahorros de Granada.

Zalama Rodríguez, M. A. (1992). "Diego y Juan de Siloé. Un dato para su biografía." *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología* (58): 375-377. Valladolid: Universidad de Valladolid.

Zaragozá Catalán, A., Calvo López, J. y Natividad Vivó, P. (2012) "Stereotomic Exchanges between Iberia and France in the 16th Century: Benoît Augier, Valencian Stairways and the Escalier de Toulouse". *Nuts & Bolts of Construction History. Culture, Technology and Society*, vol.1: 385-392. París: Éditions A. et J. Picard.

Anexo de planos

Sección 1

Sección 2

p4. San Jerónimo

Crucero

Planta

Sección 3

Sección 4

Sección 5

Sección 6

p8. San Jerónimo

Bóvedas cilíndricas

Planta

Sección 7

Sección 8

p11. Catedral

Capillas radiales

Planta

Sección 9

Sección 10

p13. Catedral

Capilla Sacristía

Planta

Sección 11

Sección 12

p15. Catedral

Pasos abovedados centrales

Planta

Alzado 2

Sección 13

Alzado 3

Sección 14

p19. Catedral

Bóvedas de la girola

Planta

Bóvedas de la girola

Secciones

Sección 15

Sección 16

Sección 19

Sección 20

p24. Palacio de Carlos V

Cripta
General

Sección 21

Sección 22

p25. Palacio de Carlos V

Cripta
Detalle sector

Alzado 3

Sección 23

p26. Palacio de Carlos V

Patio

Sección 24

p27. Palacio de Carlos V

Zaguán occidental

Sección 25

Sección 26

Sección 27

p28. Palacio de Carlos V

Zaguán meridional

Sección 28

Sección 29

Sección 30

p29. Palacio de Carlos V

Sala junto a la cripta

Sección 31

Sección 32

p30. Palacio de Carlos V

Capialzado central de acceso al patio

Alzado 4

Sección 33

Alzado 5

p31. Palacio de Carlos V

Capialzado esviado de acceso al patio

Alzado 6

Sección 34

Alzado 7

p32. Palacio de Carlos V

Zaguán oriental

Sección 35

Sección 36

p33. Edificio de la Real Chancillería

Escalera
Planta y secciones

Sección 37

Sección 38

p34. Edificio de la Real Chancillería

Escalera

Perspectiva militar

Alzado 8

Alzado 9

Alzado 10