

## SUPERFICIES REGLADAS DESARROLLABLES Y ALABEADAS EN LOS MANUSCRITOS ESPAÑOLES DE CANTERÍA

JOSÉ CALVO LÓPEZ

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

La Geometría Descriptiva es exacta; quizá por esto la vemos como ciencia y en ocasiones ha sido incluida entre las matemáticas. Pero no vio la luz en el silencioso gabinete de un sabio; nació entre la polvareda de las lonjas de los canteros y el fragor de los duelos de artillería. Muchas de las nociones centrales de la disciplina, como la proyección ortogonal o el abatimiento, no fueron concebidas en abstracto; por el contrario, tomaron forma empíricamente en manos de los artífices del último gótico y el Renacimiento. Gaspard Monge, profesor de Teoría del Corte de las Piedras en la Escuela de Ingenieros de Mezières, no hizo otra cosa que sistematizar este saber y acuñar la expresión que todavía lo designa. Una de estas nociones que han cristalizado lentamente, por prueba y error, es la de superficie reglada; todavía aludimos a la regla de los canteros cuando la nombramos. También es antigua la distinción entre regladas desarrollables y alabeadas o *enganchidas*, pero el conocimiento de las propiedades de estas superficies no avanzó sin esfuerzo; durante largo tiempo se intentó desarrollar las superficies alabeadas y labrarlas con ayuda de plantillas.

Visto con los ojos de nuestra época, el empeño es absurdo; pero en la edad de oro de la cantería clásica, en un arco temporal que va de 1560 a 1730, se pusieron en práctica algunas soluciones ingeniosas al problema, tanto en España como en Francia. Por tanto, consideramos que puede tener interés analizar el tratamiento de las superficies regladas en algunos manuscritos españoles de cantería, como los de Alonso de Vandelvira y Ginés Martínez de Aranda,<sup>1</sup> para comprender mejor la formación empírica, por acumulación de una lenta experiencia, de estos conceptos.

### La regla como instrumento de labra

La regla se usa en la cantería de la Edad Moderna como instrumento de labra con tres funciones diferentes. Por una parte, se emplea para comprobar la correcta realización de las aristas y de los planos, como queda patente en trazas como la *Escalera a regla adulcida*, el *Arco avanzado a regla* o el *Capialzado a regla*<sup>2</sup>. En otras ocasiones, se materializa con ayuda de la regla un plano como etapa intermedia en la labra de una superficie. Alonso de Vandelvira, al hablar de la *Pechina carpanel en viaje*<sup>3</sup>, expone que el cantero «primero ha de labrar el paramento de la dovela a regla, luego ha de plantar la planta en el dicho paramento»; es decir, que ha de materializar un plano sobre el que después colocará una plantilla para marcar la forma de la dovela. Ahora bien, el paramento de la dovela de esta pieza no es plano, por lo que el cantero deberá darle forma después, y en esa fase la regla se emplea para labrar superficies curvas. En la misma *Pechina carpanel en viaje*, Vandelvira dice que «háse de plantar la cer-

<sup>1</sup> Alonso de Vandelvira: *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, manuscrito c. 1580 conservado en la Biblioteca de la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid. (Ed. facsimilar: *Tratado de Arquitectura de Alonso de Vandelvira*, Caja de Ahorros Provincial, Albacete, con prólogo y transcripción de Geneviève Barbé-Coquelin de Lisle). Ginés Martínez de Aranda: *Cerramientos y trazas de monte*, manuscrito c. 1610 conservado en la Biblioteca del Servicio Histórico Militar. (Ed. facsimilar: Servicio Histórico Militar - CEHOPU, Madrid, 1986, con prólogo de Antonio Bonet Correa)

<sup>2</sup> Alonso de Vandelvira: *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 23 v., 43 v., 59 v.; Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos*, pl. 116.

<sup>3</sup> Alonso de Vandelvira: *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 8 v. Es interesante también la labra de las dovelas del *Arco abocinado en torre cavada*, tal como la describe Ginés Martínez de Aranda en *Cerramientos y trazas de monte*, pl. 105, 107: las piezas se han de labrar a regla y borneo antes de afondarlas.

cha en la cabeza, luego desde la cercha a la punta de la planta se ha de labrar a regla»; es decir, que el intradós de la trompa, formado por superficies cónicas, se ha de labrar comprobando sus generatrices con la regla.

En este caso la superficie reglada de intradós es desarrollable, pero no siempre ocurrirá lo mismo: las superficies de intradós pueden ser muy diversas, dependiendo de las directrices o de la dirección que toma la regla. Al explicar el *Arco capialzado en viaje por cara*, Martínez de Aranda <sup>4</sup> dice al referirse a las dovelas o *bolsos*: «de unas testas a otras las labrarás a regla plantando la regla de cuadrado que ven- gan a quedar por las caras engauchidos». Es decir, después de labrar las testas se ha de comprobar la superficie de intradós con ayuda de una regla que se mueve en un plano vertical perpendicular a las testas, apoyándose en las aristas de la embocadura del arco. El resultado de esta operación es una superficie reglada no desarrollable o *engauchida*, como advierte Aranda. Ya entrado el siglo XVIII, Frézier <sup>5</sup> expone con detalle la labra de superficies planas, cilíndricas, cónicas y alabeadas con ayuda de la regla: después de realizar dos tiradas rectas o curvas que hacen de directrices, se va labrando una superficie reglada, comprobando la rectitud de las generatrices mediante la regla.

### Plantillas rígidas para la labra de superficies desarrollables

Hemos visto cómo Alonso de Vandelvira recomienda emplear en la labra *plantas*. En la realización de estas plantillas se emplea un amplio abanico de materiales, como papel, cartón, pergamino, lona, tela de lino, estaño, hierro, o cobre, pero predomina la madera <sup>6</sup>. De L'Orme <sup>7</sup> aclara que las plantillas de papel o cartón se hierven para hacerles perder su rigidez y después se pegan sobre una base de madera; lo mismo indican los documentos de la construcción de las Torres de Cuarte valencianas, mientras que en la Capilla Real de Alfonso el Magnánimo se emplea papel *engrutat*, probablemente con el fin de darle rigidez <sup>8</sup>. Este detalle tiene consecuencias geométricas importantes; la plantilla de una cara no plana, como el intradós de una dovela, no ha de representar el estricto desarrollo de la cara, sino su proyección sobre el plano definido por tres o cuatro de sus vértices <sup>9</sup>.

Al abrir arcos en muros de paramentos curvos, se intenta que uno o dos lados de la *planta por cara* o plantilla de intradós reflejen la curvatura del muro, obteniendo el punto medio del lado de testa de la cara de intradós de la dovela. Pero a causa de la curvatura de la rosca del arco, ese punto no es copla-

<sup>4</sup> Ginés Martínez de Aranda: *Cerramientos*, pl. 46. V. también José Calvo López: *'Cerramientos y trazas de monte'* de Ginés Martínez de Aranda, tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1999, tomo II, p. 135.

<sup>5</sup> Amédée-François Frézier: *La théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois ... ou traité de stéréotomie ...*, Jean Daniel Doulsseker-L. H. Guerin, Estrasburgo-París, 1737, tomo II, pp. 18-19, 21-22, 35-37.

<sup>6</sup> Philibert de L'Orme: *Le premier tome de l'Architecture*, Federic Morel, París, 1567, f. 56; Lon R. Shelby: «The Role of the master mason in Medieval English Buildings», en *Speculum*, 1964, p. 394; «Medieval masons' templates» en *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1971, pp. 142-143; Martin Trachtenberg: «Brunelleschi, Ghiberti, and "L'occhio" minore of Florence Cathedral», en *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1983, p. 249; Luis Cervera Vera: *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*, Albatros, Valencia, 1985, p. 94; Catherine Wilkinson: «Building from drawings at the Escorial», en *Les Chantiers de la Renaissance*, Picard, París, 1991, p. 267, nota 16; Agustín Bustamante García: *La octava maravilla del mundo: estudio histórico sobre el Escorial de Felipe II*, Alpuerto, Madrid, 1994, p. 369, 381.

<sup>7</sup> Philibert de L'Orme: *Le premier tome de l'Architecture*, f. 106 v.; Sergio Luis Sanabria: *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*, tesis doctoral, Universidad de Princeton, 1984.

<sup>8</sup> Arturo Zaragoza Catalán: «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesch Baldomar y el inicio de la esterotomía moderna», en *Primer Congreso de Historia del Arte Valenciano*, Generalitat Valenciana, Valencia, 1992, p. 99; «La Capilla Real del antiguo Monasterio de Predicadores de Valencia», en *La Capella Reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, Conselleria de Cultura, Valencia, 1997, p. 33.

<sup>9</sup> Amédée-François Frézier: *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, p. 310, explica así el empleo de estas plantillas: «avant que de creuser une surface courbe, on en doit premierement situer les bornes dans leur juste distance; ces bornes sont les angles solides des voussours, desquels il y en a au moins trois qui peuvent être appliquez à une surface plane & ordinairement quatre [...] si ces voussours sont faits pour une voute conique ou cylindrique, on peut placer sur la même surface plane les cotêz opposez qui sont droitz; de sorte qu'ayant formé une surface plane, ce qu'on appelle en termes de l'art dressé un *parement*, [...] il ne reste qu'à creuser celle qui est concave [...]».

nario con los cuatro vértices representados en la *planta por cara*. El problema se puede abordar de dos maneras.

En el «Arco en torre cavada»,<sup>10</sup> Alonso de Vandelvira inicia el trazado necesario para obtener las plantillas construyendo una sección recta del arco (Fig. 1). Partiendo de este *juzgo* o construcción auxiliar se obtienen las *plantas* o plantillas de intradós de las dovelas del arco, abatiendo con charnela en la junta de intradós inferior del arco. Ahora bien, no podemos tomar sin más el cuadrilátero así obtenido como plantilla de intradós, pues los dos lados de testa no son rectos, sino curvos. Para trazar la plantilla con precisión será necesario fijar un punto intermedio, usualmente el punto medio de la cuerda del arco de testa de la dovela. Vandelvira lo construye por el mismo procedimiento que ha empleado para abatir su extremo, trasladándolo perpendicularmente a las generatrices desde la proyección al abatimiento. Esta operación aparentemente inocente es incorrecta, pues está intentando abatir un punto que no está en el plano determinado por las dos juntas de intradós, y le hace obtener un resultado opuesto al que quería obtener. En efecto, el procedimiento arroja lados convexos en las *plantas por cara* construidas para arcos abiertos en paramentos cóncavos y viceversa; el resultado es no ya inexacto, sino contraproducente, porque cualquier sección de una superficie cóncava por el plano de la *planta* será cóncava, y cualquier sección plana de una superficie convexa será convexa.<sup>11</sup>

Martínez de Aranda opta por un camino completamente distinto, pues intenta obtener, no el punto medio de la cuerda, sino su proyección sobre el plano de la *planta por cara*. Como Alonso de Vandelvira, traza en primer lugar la proyección de una testa sobre un plano perpendicular al eje del arco o, lo que es lo mismo, una sección recta del arco; partiendo de este *juzgo* obtiene las *plantas por cara* abatiendo con eje en la junta de intradós inferior. Sin embargo, resuelve de una forma bien distinta el problema de la curvatura de los lados de testa de las *plantas* (Fig. 2). En lugar de abatir su punto medio, lo que hace es tomar la posición relativa de la proyección de este punto medio respecto a la circunferencia del paramento y llevar esta distancia a su abatimiento para tener el punto intermedio y poder trazar con tres puntos el lado de testa de la *planta por cara* como si fuese un arco de círculo.

En realidad se trata de una curva alabeada, de la misma naturaleza que el luneto cilíndrico recto, puesto que es la intersección de dos cilindros perpendiculares. Ahora bien, lo que Aranda busca no es el desarrollo de la cara de intradós sino su proyección en un plano que le permita labrar la dovela sin derroche de trabajo y material, en este caso el definido por sus cuatro vértices; la proyección del luneto en ese plano puede asimilarse a un arco de circunferencia. La solución es aproximada, pero demuestra mucho oficio, pues se trata de labrar en primer lugar una cara plana a *regla y borneo*, terminada con la proyección perpendicular de la curva alabeada sobre el plano, para después tallar con la ayuda de una escuadra la testa cóncava o convexa y por último *afondar* la dovela para materializar el cilindro de intradós.<sup>12</sup>

En cualquier caso el procedimiento, como otros de Aranda, sólo tendría eco dentro de ambientes españoles bastante reducidos. En el mundo francés e italiano se busca la solución por otra vía. Philibert de L'Orme toma como ancho de la plantilla de intradós la cuerda de una dovela, pero el ancho de la plantilla de trasdós es ligeramente superior a la cuerda; la solución denota mucho sentido práctico, porque el plano que pasa por las dos juntas de trasdós atraviesa la dovela; si empleamos una plantilla rígida y

<sup>10</sup> Alonso de Vandelvira: *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 22 r.

<sup>11</sup> No cabe pensar en un error de copia, pues el dibujo y el texto son claros: "Dirás ahora cómo, siendo el arco torre cavado y torre redonda, las plantas van al contrario que las primeras, van redondas a la parte del torre cavo y a la parte del torre redondo van cavadas, a lo cual has de saber que el mucho capialzo que las primeras capialzan las hace hacer este efecto, como parece en las pechinas torre cavada y si lo quieres probar con haz un arco de estos por robos, como te enseñaré adelante y luego planta estas plantas y harás la prueba ser estas ciertas." Alonso de Vandelvira: *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 22 r.

<sup>12</sup> Amédée-François Frézier: *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. 1, pp. 309-310, expone un método similar.

labramos este plano, quitaremos demasiado material (Fig. 3). Por el contrario, podemos entender la plantilla de trasdós de De L'Orme como una plantilla semirrígida, «de cartón o algo que se pueda doblar», que ayuda en la labra del trasdós. Pero todo esto nos lleva a una solución muy diferente, la de las plantillas flexibles, que expondremos más adelante.

### Plantillas rígidas para la labra de caras alabeadas

Cuando lo que sale fuera del plano no es un lado de la planta, sino uno de sus vértices, el problema es más complejo. Alonso de Vandelvira lo trata con prudencia; construye plantillas en algunos capialzados alabeados, pero aclara que “Los capialzados todos son por robos que aunque están aquí en los demás las plantas sacadas sólo sirven para que por ellas se saquen las saltarreglas”; dicho de otra forma, que las plantillas se usan únicamente para conocer el ángulo que forman la junta de intradós y la de testa, pero no se emplean en la labra.<sup>13</sup>

Aunque Martínez de Aranda conoce perfectamente la diferencia entre regladas desarrollables y alabeadas, construye tranquilamente las *plantas por cara* de muchas piezas de intradós *engauchado*, sin hacer advertencias como las de Vandelvira, y hay que pensar que sí se propone emplear las plantillas en la labra. A lo largo del manuscrito de Aranda encontramos en varias ocasiones un procedimiento según el cual se abate una de estas caras alabeadas alrededor de uno de sus lados largos; como dos vértices están en el lado largo, no se moverán; podemos situar el tercer vértice teniendo en cuenta que se mueve en un plano perpendicular a la charnela y tomando su distancia al primer vértice del alzado. No podemos emplear el mismo procedimiento para el cuarto vértice, porque al no ser coplanario con los otros tres, cuando el tercero llegue al plano horizontal, el cuarto no habrá llegado todavía, o lo habrá sobrepasado. Pero sí podemos construirlo sin más que tomar sus distancias al segundo y tercer vértice (Fig. 4). La plantilla obtenida de esta manera representa en verdadera magnitud los cuatro lados de la cara de intradós; una diagonal, la que une los vértices segundo y tercero, que se conserva en verdadera magnitud en el abatimiento; y dos de los ángulos de la cara, los opuestos a la diagonal. Por el contrario, falsea la otra diagonal y los otros dos vértices, pero puede ser un instrumento valioso en la labra, porque permite marcar los tres primeros vértices, labrar el plano que definen, y a renglón seguido, girar la plantilla sobre la diagonal para labrar la otra mitad de la cara y obtener el cuarto vértice.

Sin embargo, parece que Aranda no había encontrado la solución definitiva porque además de este método, que tiene bastante sentido práctico, emplea otro más discutible. En algunas ocasiones abate por separado los dos lados cortos de la *planta por cara*, con lo que obtiene una plantilla que representa en verdadera magnitud tres de los lados y dos diagonales, pero falsea el cuarto lado de la *cara*.

Frézier redescubre las plantillas rígidas para caras alabeadas, con toda probabilidad sin conocer el trabajo de Martínez de Aranda; todo parece indicar que el manuscrito circulaba únicamente en ambientes muy limitados alrededor de Granada y Jaén. El primer paso de su método es imaginar un plano que pase por tres vértices de la cara de intradós de la dovela, como Aranda.<sup>14</sup> Sin embargo, emplea la proyección ortogonal, lo que le lleva a un sistema de labra diferente del de Aranda: después de marcar sobre una cara plana la plantilla de intradós, se labra la cara de testa a escuadra, se traza sobre ella la junta de testa con ayuda de la *saltarregla*, y se marca sobre esta junta la distancia del cuarto vértice al plano de la plantilla, tras lo cual se puede dar forma al plano de lecho, marcar la curva de la testa y materializar el intra-

---

<sup>13</sup> Alonso de Vandelvira: *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, f. 46 r. Es significativo encontrar el comentario aquí, en el quinto capialzado expuesto por Vandelvira, ya que los cuatro primeros son capialzados a regla, de intradós plano o de alabeo despreciable, y por tanto, el empleo de plantillas no presenta ningún problema.

dós con ayuda de la regla, llegando hasta dividir cada una de las dos aristas sobre las que apoya la regla en partes iguales para asegurar la correcta ejecución.<sup>15</sup>

### Plantillas flexibles

Ahora bien, cabe otra alternativa: preparar una figura que represente, no la proyección de la cara de intradós sobre un plano, sino su desarrollo, con objeto de aplicarla directamente a la cara de la dovela. Hemos visto que Philibert de L'Orme toma como ancho de la plantilla de intradós la cuerda. Por el contrario, el ancho de la plantilla de trasdós es ligeramente superior a la cuerda, ya que el plano que pasa por las juntas de trasdós penetra la dovela; si labráramos este plano, quitaremos material en exceso. Por tanto, todo parece indicar que la plantilla de trasdós de De L'Orme es una plantilla semirrígida, de papel, cartón o hierro blanco; los mismos materiales que Philibert recomienda pegar sobre las plantillas de madera podrían emplearse aquí sin un soporte rígido.

Ya en el siglo XVII, el padre Derand propone claramente el empleo de plantillas flexibles: "Estas plantillas no son otra cosa que la forma y la figura de los lados de las dovelas, llevada sobre un material fino y delicado, el cual debe ser también flexible, cuando las plantillas deben aplicarse sobre la concavidad o la convexidad de dichas dovelas. Para eso pueden servir las láminas de plomo, o de cobre, cartón o hierro blanco"<sup>16</sup> Por otra parte, extiende la idea de De L'Orme al intradós: sus plantillas tienen de ancho la longitud de una poligonal que toca a la dovela en sus dos extremos y su punto medio.<sup>17</sup>

Encontramos las mismas soluciones en la España de la época. Joseph Gelabert<sup>18</sup> dice que «las plantillas de la dovela [...] no las podemos hacer de madera, sino de cartón o de papel doble o cualquier otra cosa que se pueda doblar». El manuscrito anónimo de la Biblioteca Nacional de Madrid Ms. 12.744, de datación imprecisa, representa toda una serie de estas plantillas, unidas entre sí como un completo desarrollo del intradós de la dovela (Fig. 5), idea que podría derivar de Derand, pero también de Vandelvira.<sup>19</sup>

Es interesante comprobar cómo se realiza el desarrollo de estas caras de intradós. Las plantillas de Derand tienen de ancho la longitud de una poligonal que toca a la dovela en sus dos extremos y su punto medio. Frente a esta solución, Guarini y Frézier insistirán en un punto esencial: para que estas plantillas se adapten al intradós de la dovela, es preciso obtener un desarrollo del tramo de arco correspondiente a la dovela; este desarrollo no se puede obtener con exactitud, pues implica la rectificación de la circunferencia, pero puede lograrse una buena aproximación dividiéndolo en pequeños segmentos.<sup>20</sup>

<sup>14</sup> Amédée-François Frézier: *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, p. 311: "les surfaces de plus de trois côtes peuvent avoir leurs angles en différens plans; puisqu'elles peuvent être divisées en triangles; ainsi une Doele plate de quatre côtes peut être divisée en deux triangles [...] une tuile creuse, quoique d'une courbure Conique, s'adapte si bien sur une planche que ses quatre angles la touchent [...] Il n'en est pas de même d'une portion d'Arrière-Voussure de Marseille ou de Saint-Antoine, &c. un voussoir posé sur une planche ne la touchera que par trois de ces angles, & le quatrième restera en l'air".

<sup>15</sup> Amédée-François Frézier: *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. I, p. 310-311; t. II, pp. 36-37, 445-446.

<sup>16</sup> P. François Derand: *L'Architecture des voutes ou l'art des traits et coupe des voutes*, Sébastien Cramoisy, París, 1643, f. 3: «Ces panneaux [...] ne sont autre chose que la forme & la figure des costez des vouloirs, transférée sur quelque materie mince & deliée, la quel doit estre aussi flexible, quand les panneaux sont pour estre appliquez dans la concavité, ou sur la convexité des dits vouloirs. A cela donc pourront servir les ais de petite épaisseur, les lames de plomb, ou de cuire, le carton o le fer blanc, & c.»

<sup>17</sup> P. François Derand: *L'Architecture des voutes*, f. 172-175.

<sup>18</sup> Joseph Gelabert: *De l'art de picapedrer*, manuscrito, f. 90. (Ed. facsímil Diputación, Palma, 1977); Enrique Rabasa Díaz: "Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI", en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 1996, p. 429; *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*, Akal, Madrid, 2000, p. 174. No es fácil saber si el empleo de las plantillas flexibles, que encontramos documentado en España y Francia al mismo tiempo, aparece súbitamente a mediados del siglo XVII o deriva de una tradición anterior. Ni Derand ni Gelabert son exactamente autores revolucionarios; al contrario, Derand es considerado como un conservador reaccionario, mientras que Gelabert aparece en ocasiones como el último representante de una antiquísima tradición.

<sup>19</sup> V. por ejemplo Alonso de Vandelvira: *Libro de Trazas de cortes de Piedras*, 26 v.

<sup>20</sup> Guarino Guarini: *Architettura Civile*, Gianfrancesco Mariesse, Turín, 1737, Trat. IV, cap. 3, obs. 2; Amédée-François Frézier: *La théorie et la pratique de la coupe des pierres ... ou traité de stéréotomie*, t. III, p. 43-44.

Ambos proponen desarrollar el tramo de arco correspondiente a la dovela tomando una a una las cuerdas de pequeñísimas porciones de arco; todo esto conduce al empleo de plantillas flexibles que se han de colocar pegadas al intradós de la dovela una vez labrada, para controlar la ejecución.

De esta manera, la evolución de las técnicas de labra apunta al concepto de superficie desarrollable que empleamos en nuestros días. Cuando se emplean en la talla plantillas rígidas, la superficie de intradós de la pieza de cantería se asimila a una serie de planos, cada uno de los cuales corresponde a una dovela. Por tanto, para poder emplear sin dificultades estas plantillas en la labra, será necesario que **las dos juntas de intradós de la dovela sean coplanarias**; de lo contrario la superficie será *engauchida*. Si por el contrario se emplean en la labra plantillas flexibles, el concepto de desarrollo equivale al que empleamos en nuestros días, y **la superficie de intradós será desarrollable si y sólo si dos generatrices infinitamente próximas se cortan o son paralelas**. Esta última noción es extraña en cierto modo a la construcción pétreo, en la que resulta más natural la idea de las juntas de intradós a distancia finita. Pero en cambio, es muy práctica en la fabricación de piezas de chapa metálica, por una parte, y muy próxima a la noción de límite empleada en el análisis, y por tanto en la geometría diferencial; de ahí que se haya impuesto en los textos de Geometría Descriptiva.

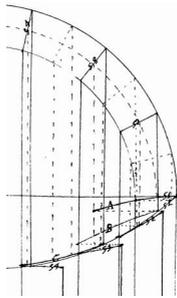


Fig. 1. Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 21 v.

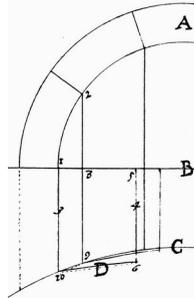


Fig. 2. Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos y trazas de monte*, pl. 25.

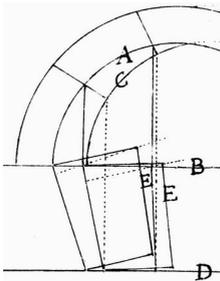


Fig. 4. Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos y trazas de monte*, pl. 15.

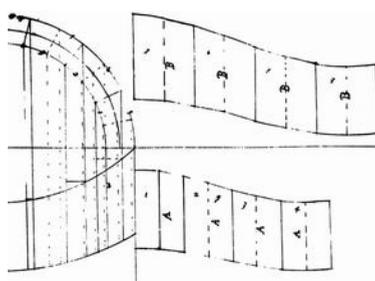


Fig. 5. Anónimo, *Manuscrito de Arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 12.744.

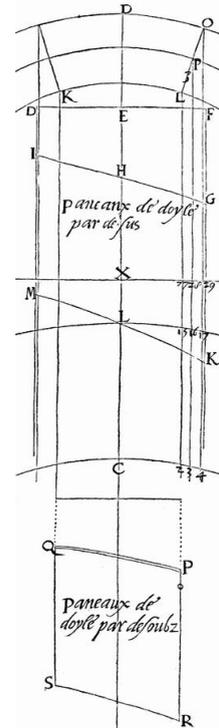


Fig. 3. Philibert de l'Orme, *Le premier tome de l'Architecture*, f. 77 r.