

Pau NATIVIDAD VIVÓ

Universidad Politécnica de Cartagena
Dpto. de Arquitectura y Tecnología de la Edificación

Resumen

For construction of 16th century stone domes and sail vaults, both defined by spherical surface, Renaissance master masons put into practice an ingenious geometric procedure, substituting truncated cones for sphere portions that were developed in order to obtain patterns for carving voussoirs (Palacios [1990] 2003 pp.188-195, Rabasa 1996; Rabasa 2000 pp.160-183). However, the stereotomy of sail vault poses an added difficulty in comparison with the dome: the carving of pendentives, in particular the voussoirs located at the intersection of the vault and the wall arches, that need to be dressed using special templates. This paper studies the main solutions for sail vaults featuring round courses in the manuscript of Vandelvira, paying particular attention to the geometric process used in the construction of the templates for pendentive voussoirs, pointing out some minor but significant details such as compass marks, that may cast new light over these issues.

INTRODUCCIÓN

Durante el siglo XVI se produce en España la transición de la cantería gótica a la estereotomía renacentista. Junto a las bóvedas de crucería, basadas en soluciones lineales de nervios y plementería, empiezan construirse otras bóvedas con formas clásicas y ejecutadas completamente en piedra entera, como las medias naranjas, las baídas, las de arista, etc. Estos nuevos abovedamientos renacentistas plantean nuevos problemas para la construcción en piedra de cantería, acostumbrada al despiece de elementos lineales pero no de superficies complejas.

Dentro de este nuevo panorama reviste especial interés la estereotomía de las bóvedas de media naranja y, por extensión, de las baídas, definidas ambas según superficies esféricas (fig.1 y 2). Para su trazado y construcción los maestros canteros empleaban un ingenioso procedimiento geométrico que consistía en asemejar el intradós esférico de la bóveda a varios troncos de cono, tantos como hiladas estuviera previsto ejecutarse, de manera que se sustituía la porción de superficie esférica de cada hilada por una superficie cónica cuyo desarrollo permitía obtener las plantillas de la hilada. Las plantillas se empleaban en la labra del intradós esférico de las dovelas y luego, mediante comprobación con baivel, se tallaban las restantes caras (Palacios [1990] 2003 pp.188-195; Rabasa 1996; Rabasa 2000 pp.160-183). Esta técnica aparece recogida, desde el siglo XVI, en los principales manuscritos y textos de cantería españoles, como por ejemplo el de Alonso de Vandelvira (ca. 1585, f. 61v), Alonso de Guardia (c. 1600, f. 87v), Joseph Gelabert (1653, f. 51r), etc. Además se han documentado diferentes trazados que evidencian su empleo en la práctica constructiva, como las montañas en las terrazas de la catedral de Sevilla, del siglo XVI (Ruiz y Rodríguez 2002; Ruiz y Rodríguez 2011), los dibujos para la cúpula de la catedral de Segovia, del siglo XVII (Alonso, Calvo y Rabasa 2009) o las montañas para las bóvedas de horno de la iglesia de Santa Columba de Carnota, del siglo XVIII (Taín 2006; Taín y Natividad 2011).

En general se puede afirmar que la estereotomía de la bóveda de media naranja y la baída es similar, aunque con ciertas diferencias. La baída no es una semiesfera al completo, sino que más bien puede asemejarse a un casco esférico superior apoyado sobre cuatro pechinas esféricas inferiores. Y ésta es, precisamente, la dificultad añadida de la bóveda baída respecto de la media naranja: la labra de las pechinas, más concretamente de las dovelas que materializan el encuentro entre la baída y sus cuatro arcos de apoyo o de embocadura, localizados en los laterales de la bóveda, cuya talla requiere la obtención de plantillas especiales, como a continuación veremos.

El objetivo que se plantea en este trabajo es estudiar las trazas recogidas en el manuscrito de cantería de Vandelvira (ca. 1585) para el diseño y construcción de bóvedas baídas por hiladas redondas. Se analizará el modelo denominado 'capilla perlongada por hiladas redondas' (f. 83r), esto es, la baída sobre planta rectangular y despiezada por hiladas redondas. Se revisarán paso a paso las trazas, prestando especial atención a las operaciones geométricas empleadas en la obtención de las plantillas para las pechinas, pues algunos aspectos sobre su trazado no han sido, hasta la fecha, explicados con la suficiente claridad. Este estudio permitirá obtener algunas conclusiones que se extenderán al resto de trazas del manuscrito dedicadas a bóvedas baídas por hiladas redondas. Finalmente se realizarán algunas consideraciones para el caso de la baída sobre planta cuadrada donde, debido a la forma de la planta y el despiece del intradós, se producen unas superposiciones que generan cierta confusión en la lectura de su trazado.



Vandelvira expone en su manuscrito, bajo el nombre de 'capilla perlongada por hiladas redondas' (f. 83r.), las trazas para obtener las plantillas con las que construir una baída de planta rectangular resuelta por hiladas redondas (fig.3). Vandelvira empieza dibujando un rectángulo, que es el perímetro de la planta de la bóveda. Sobre éste añade las dos diagonales, los dos ejes ortogonales vertical y horizontal (señalado con la letra C) y la circunferencia circunscrita (que denomina con la letra A). Esta circunferencia, aunque la dibuja junto a la planta rectangular, en realidad representa la sección, según un plano vertical, del intradós esférico de la baída. Es decir, Vandelvira está dibujando superpuestas la planta y una sección vertical de la bóveda. A lo largo del proceso de trazado veremos que esta situación se repite más veces, pero no debe extrañarnos. La superposición de diferentes proyecciones ortogonales es una operación bastante frecuente en los trazados de cantería, ya sea por economía de esfuerzo o para aprovechar al máximo el espacio de dibujo disponible (Calvo 1999, 1: 181-183; Calvo et al. 2005, 137-150).

El siguiente paso es dividir un cuarto de la circunferencia A (es decir, media sección vertical del intradós esférico) en tantas partes como hiladas redondas esté previsto ejecutarse. En este caso Vandelvira opta por dividir el cuarto superior izquierdo de la circunferencia en seis partes y media, lo que significa que pretende diseñar una baída compuesta por siete hiladas redondas incluida la clave. Cada división representa la junta entre dos hiladas, de forma que dos divisiones consecutivas delimitan la altura de una hilada. Como ahora veremos, estas divisiones de la sección se van a utilizar para dos cosas.

En primer lugar las divisiones permiten dibujar, en la planta, las juntas entre hiladas. Para ello Vandelvira traslada las divisiones, mediante líneas verticales, desde la circunferencia A hasta el eje horizontal C. Luego, desde el centro de la planta y con radio hasta cada una de estas nuevas divisiones marcadas en el eje C, dibuja una serie de arcos de circunferencia concéntricos, contenidos dentro del perímetro rectangular de la planta, que representan las juntas horizontales entre hiladas. En segundo lugar las divisiones de la sección permiten realizar los desarrollos de intradós de las hiladas. Como se ha indicado anteriormente, esta operación consiste en asemejar el intradós esférico de cada hilada a un tronco de cono susceptible de desarrollarse. Analizando una hilada en concreto, vemos que Vandelvira une los dos puntos de división de la hilada (que están en la circunferencia A) con una recta, la cual prolonga hasta que corta al eje vertical. Con centro en este punto de intersección y con radio hasta los dos puntos de división anteriores, traza los dos arcos de circunferencia que representan el desarrollo del intradós cónico de dicha hilada. Esta operación se repite en todas las hiladas.

Para las dovelas de las hiladas del casco esférico superior, estos desarrollos de intradós definen, gráficamente, la forma de los bordes inferior y superior de las plantillas. Tan sólo queda limitar los laterales de cada desarrollo por donde interese, para hacer plantillas más o menos largas con objeto de aprovechar al máximo el material pétreo disponible. Siguiendo este esquema, y a modo de ejemplo, Vandelvira traza varias plantillas de diferentes longitudes (señaladas con la letra B). Es importante indicar que el borde lateral de las plantillas se dibuja con una recta perpendicular a sus correspondientes arcos de circunferencia, es decir, que pasa forzadamente por el centro de estos arcos, el cual se localizaba en el eje vertical.

Para las dovelas de las pechinas, los desarrollos también definen la forma los bordes superior e inferior de las plantillas. Sin embargo ahora no podemos delimitar lateralmente las plantillas mediante rectas como habíamos hecho antes, ni tampoco podemos darles mayor o menor longitud según nos convenga. El proceso para trazar estas plantillas es algo más complejo y por este motivo Vandelvira se ve en la necesidad de explicarlo con todo detalle para una de las cuatro pechinas. Como ahora veremos, para trazar las plantillas de las pechinas se requieren varios datos gráficos que se obtienen de tres operaciones diferentes. Vandelvira dibuja cada operación por separado, probablemente para facilitar su lectura y comprensión.

La primera operación consiste en obtener los arcos que definen los bordes inferior y superior de las plantillas. Tal y como se ha explicado anteriormente, el desarrollo del intradós de cada hilada proporciona los arcos de circunferencia que definen la forma, o curvatura, de los bordes inferior y superior de las plantillas, tanto para las hiladas del casco como para las hiladas de las pechinas. Todos estos desarrollos se dibujan en la parte superior izquierda de la planta.

En la segunda operación se van a obtener las longitudes de los bordes inferior y superior de las plantillas de las pechinas. Para obtener estas longitudes Vandelvira necesita despiezar una de las cuatro pechinas, vista en planta, para lo cual elige la situada en la esquina superior derecha. Recordemos que las juntas horizontales entre hiladas ya habían sido dibujadas anteriormente, como arcos de circunferencia, a partir de las divisiones trasladadas desde la circunferencia A hasta el eje horizontal C. Entonces sólo falta trazar las juntas entre dovelas de la misma hilada, que se dibujan como segmentos rectos convergentes al centro de la planta. El resultado final del despiece propuesto por Vandelvira es una pechina compuesta por cuatro hiladas con un total de siete dovelas (numeradas del 1 al 7). En la planta de esta pechina despiezada podemos medir la longitud de las juntas horizontales de las dovelas, que nos proporcionan la longitud de los bordes inferior y superior de las plantillas (cuya curvatura habíamos obtenido, recordemos, en la primera operación).

Y la tercera operación, que hasta la fecha ha pasado inadvertida, también se dibuja en la esquina superior derecha. Se trata del desarrollo, según conos de eje horizontal, de los dos arcos laterales de apoyo o embocadura, que deben proporcionar los arcos de circunferencia que definen los bordes laterales de las plantillas de las pechinas. Puesto que la planta de la bóveda es rectangular, tenemos dos arcos de embocadura circulares con diferente radio y, por tanto, con diferente desarrollo. Para el caso del arco de embocadura menor, Vandelvira imagina una hilada redonda vertical virtual, que será paralela al lado menor de la planta, y le asigna una anchura, que marca sobre la circunferencia A, desde la esquina superior derecha de la planta hacia la izquierda. Uniendo con una recta los dos puntos que delimitan esta anchura, y prolongando esta recta hasta que corta con el eje horizontal C, se obtiene el punto de intersección denominado n. Finalmente, con centro en este punto n y radio hasta la esquina superior derecha de la planta, se obtiene el desarrollo, según un cono eje horizontal, del arco de embocadura menor (señalado con la letra m). Para el caso del mayor se procede de igual manera. Se supone una hilada redonda vertical virtual paralela al lado mayor de la planta, y se le asigna una anchura, marcada sobre la circunferencia A, desde la esquina superior derecha de la planta hacia la derecha. Uniendo con una recta los puntos que delimitan esta anchura y prolongándola hasta que corte al eje vertical, obtenemos el punto de intersección p. Finalmente, con centro en este punto p y radio hasta la esquina superior derecha de la planta, se obtiene el desarrollo, según un cono de eje horizontal, del arco de embocadura mayor (señalado con la letra o).

Tras realizar estas tres operaciones, Vandelvira ya dispone de los datos gráficos necesarios para dibujar las plantillas de las pechinas: (1) la altura de las plantillas, que es la altura de las hiladas, dato que se obtiene directamente de la circunferencia A dividida en seis partes y media; (2) las curvaturas de los arcos que definen los bordes inferior y superior de las plantillas, obtenidas a partir de los desarrollos de intradós realizados en la primera operación; (3) las longitudes de estos bordes, obtenidas midiendo la longitud de las juntas horizontales en la planta de la pechina despiezada en la segunda operación; (4) y las curvaturas de los arcos que definen los laterales de las plantillas, obtenidas de los desarrollos de los arcos de embocadura realizados en la tercera operación.

Vandelvira decide trazar las plantillas de las siete dovelas de la pechina en la parte superior izquierda de las trazas, en un lado aparte separado de la planta. Primero dibuja una recta horizontal, base de la pechina. Sobre esta horizontal traza una recta vertical, que representa el alzado de la diagonal que en la planta divide a la pechina en dos partes: la derecha en contacto con el arco de embocadura menor y la izquierda en contacto con el mayor. Sobre esta vertical se dibujan los arcos que definen los bordes inferior y superior de las plantillas, teniendo en cuenta que la separación vertical entre un borde inferior y su correspondiente superior debe ser la altura de la plantilla, es decir, de la hilada.

A continuación toca delimitar la anchura de los bordes inferior y superior de cada hilada. Para esto medimos la longitud de las juntas horizontales en la planta de la pechina despiezada y trasladamos estas distancias a nuestro dibujo de las plantillas de la pechina. Las plantillas están divididas, por la vertical, en una parte derecha y otra izquierda. Esto hay que tenerlo en cuenta a la hora de trasladar las longitudes, pues en la parte derecha de las plantillas debe quedar una distancia equivalente a la longitud de junta horizontal que en la planta está a la derecha de la diagonal, en el lado de la pechina en contacto con el arco de embocadura menor. Y en la izquierda de las plantillas quedará una distancia equivalente a la longitud que tienen las juntas horizontales en la parte izquierda de la diagonal, donde la pechina contacta con el arco de embocadura mayor. Conviene indicar que para trasladar con exactitud todas estas longitudes sería necesario rectificar los arcos, pues no tiene igual curvatura la junta en planta que su desarrollo en la plantilla. De todas maneras, si se trasladan directamente, aunque se comete un pequeño error, no conlleva desviaciones importantes.

Finalmente se pueden dibujar los arcos que definen los bordes laterales de las plantillas. En la parte derecha de las plantillas unimos los extremos de los bordes inferior y superior de las hiladas con arcos de curvatura igual al arco m, desarrollo del arco de embocadura menor. En la parte izquierda se unen los extremos de los bordes inferior y superior de las hiladas con arcos de curvatura igual al arco o, desarrollo del arco de embocadura mayor. Por su parte, las divisiones entre plantillas dentro de la misma hilada son líneas rectas perpendiculares a los bordes inferior y superior correspondientes. Concluidos estos trazados, se han obtenido todas las plantillas de la pechina.

Vandelvira realiza todo el proceso gráfico para las siete dovelas de la pechina, pero sólo lo explica con palabras para la plantilla de la dovela número 1:

"Ahora para trazar la pechina que salga del rincón, que empareje con lo alto de los arcos, harás de esta manera: en una línea a plomo echarás el altura de la primera dovela como parece de la f. a la g., luego en la parte alta trazarás el anchura D. de su plomo, tomando la mitad desde la línea diagonal echada a la parte del arco menor que es la más extendida a la mano derecha señalada con la h. y la más encogida de su plomo D. de hacia el arco mayor echarás a la mano izquierda señalada con la i., luego desde el punto f. al punto h. echarás la cercha m., la cual sale del punto n. y a esta otra parte echarás la cercha o. que sale del punto p., las cuales dos cerchas se sacan por la orden que dije en la traza pasada." (f. 82v)



Como indica Vandelvira, para obtener las plantillas de la pechina del rincón se procede de la siguiente manera: tras dibujar las rectas horizontal y vertical, se marca la altura de la plantilla primera, desde f en la base, hasta g en la parte superior. Luego en la parte alta se dibuja el borde superior de la plantilla y se le asigna una anchura, que se mide directamente de la planta. A la derecha de la vertical se dispone una longitud del borde superior equivalente a la longitud de junta horizontal que en planta quedaba a la derecha de la diagonal. Esto queda señalado como la distancia desde g hasta h. Y a la izquierda se procede igual, es decir, se dispone una longitud del borde superior igual a la longitud de junta horizontal que quedaba, en la planta, a la izquierda de la diagonal. Esto queda señalado como la distancia desde g hasta i. Para acabar se dibujan los bordes laterales de la plantilla. El lateral derecho se dibuja uniendo el punto f en la base y el punto h superior derecho con el arco m, desarrollo del arco de embocadura menor. Y el borde lateral izquierdo se dibuja uniendo el punto f y el punto i superior izquierdo con el arco p, desarrollo del arco de embocadura mayor.

CONSIDERACIONES A LA ESTEREOTOMÍA DE LAS BÓVEDAS BAÍDAS POR HILADAS REDONDAS

Como hemos visto, el proceso a seguir para construir una bóveda baída por hiladas redondas es, en líneas generales, bastante similar al de una media naranja convencional. Se trata de obtener las plantillas de intradós con las que poder labrar las dovelas. Sin embargo sabemos que una baída no es una semiesfera completa, sino más bien un casco esférico apoyado sobre cuatro pechinas. Por este motivo, para la baída por hiladas redondas es necesario obtener por separado las plantillas de las dovelas del casco y de las pechinas, que son parecidas pero no iguales.

El proceso de obtención de las plantillas para las dovelas del casco no ofrece diferencia alguna respecto del caso general aplicado en una media naranja. Únicamente se trata de desarrollar el intradós de cada hilada y limitarlo lateralmente para hacer plantillas más o menos largas según interese. Por su parte, el proceso en las plantillas de las dovelas de las pechinas presenta algunas diferencias: al igual que antes, el tracista debe desarrollar el intradós de la hilada de la cual quiere obtener las plantillas, pero, en este caso, el desarrollo queda limitado lateralmente por los cuatro arcos de apoyo o de embocadura de la bóveda baída, lo que implica operaciones gráficas adicionales.

Algunos autores plantean hipótesis sobre la manera de trazar y obtener las plantillas para las pechinas de las baídas por hiladas redondas, basándose en los manuscritos del siglo XVI y, en especial, en el texto de Vandelvira (Palacios [1990] 2003 pp.254-256; Calvo et al. 2005 pp. 86-91; Rabasa 2007 pp.50-52). Todos coinciden en que, tras el desarrollo de las hiladas, la operación a realizar es dar a cada desarrollo de cono la longitud adecuada, para lo cual se mide en planta la longitud de la junta horizontal correspondiente y se traslada al desarrollo. Aunque es posible trasladar estas longitudes directamente sin que represente un error importante, el proceso exacto requiere rectificar arcos. La siguiente operación consiste en limitar lateralmente cada desarrollo de cono con una curva que pase por los extremos de los bordes inferior y superior de las plantillas. Y es sobre la forma o curvatura de estos bordes laterales donde se plantean diferentes hipótesis: J.C. Palacios explica que se debería calcular un punto intermedio entre los dos extremos de los bordes inferior y superior de la plantilla, de manera que el arco que limita lateralmente la plantilla es el arco que pasa por estos 3 puntos (Palacios [1990] 2003 p.256); J. Calvo explica que la curvatura de este arco podría tomarse de la junta de lecho que pasa por las claves de los arcos de embocadura, que para el caso de una baída sobre planta cuadrada coincide con la curvatura de los propios arcos de embocadura (Calvo et al. 2005 p.90); y E. Rabasa expone que el arco que limita lateralmente la plantilla es un arco con igual curvatura que el arco de embocadura (Rabasa 2007 p.51). En mi opinión estas tres hipótesis derivan del estudio de las trazas para la 'capilla cuadrada por hiladas redondas' (f. 83r), es decir, de la baída de planta cuadrada resuelta por hiladas redondas (fig.4). Como ahora veremos, este caso presenta algunas superposiciones en sus trazados que ocultan datos importantes, motivo por el cual su estudio aislado ha conducido a diferentes interpretaciones sobre el proceso de obtención de las plantillas de las pechinas. Sin embargo, ahora, tras el estudio realizado en este trabajo sobre la 'capilla perlongada por hiladas redondas', estamos en disposición de entender mejor el resto de trazas para baídas por hiladas redondas, entre ellas la mencionada baída 'cuadrada'.

En las trazas de la 'capilla cuadrada por hiladas redondas' (f. 83r) podemos ver que Vandelvira ya no separa en varias partes las operaciones para diseñar las plantillas de las pechinas, como hacía en la 'perlongada', sino que las agrupa en el mismo dibujo (fig.4). Se da la circunstancia de que en la sección vertical del intradós (circunferencia B), al realizar las divisiones para establecer el número de hiladas, la junta entre la hilada tercera y la cuarta coincide con la esquina de la planta de la bóveda. Esta coincidencia provoca que posteriormente se solapen el desarrollo de la junta horizontal entre estas hiladas (desarrollo de una curva horizontal según un cono de eje vertical) con el desarrollo del arco de embocadura (desarrollo de una curva vertical según un cono de eje horizontal) pues ambos se realizan desde dicha esquina. Esta superposición hace que el desarrollo del arco de embocadura pase desapercibido dentro del conjunto de desarrollos de las hiladas y, por tanto, que no se aprecie claramente la operación que realmente proporciona la curvatura de los bordes laterales de las plantillas de las pechinas. Pese a esta superposición, Vandelvira explica con palabras el proceso para la plantilla de la primera hilada de la pechina diciendo que "*Luego, del punto n. al punto o. echarás la cercha p. que es la que sale del punto g.*" (f. 81v). En otras palabras: la cercha (arco) p se obtiene como desarrollo del arco de embocadura, que resulta ser una curva superpuesta al desarrollo de la junta entre la hilada tercera y la

cuarta. Después esta cercha se aplica en la plantilla de la dovela primera para delimitarla lateralmente, desde el punto n en la parte inferior, hasta el punto o en la parte superior derecha.

Si analizamos más trazas de baídas por hiladas redondas podemos ver que el empleo del desarrollo de los arcos de embocadura según un cono de eje horizontal, para limitar lateralmente las plantillas de las pechinas, no es una operación exclusiva de la 'capilla cuadrada por hiladas redondas' o la 'capilla perlongada por hiladas redondas'. Vandelvira aplica este procedimiento en otras baídas por hiladas redondas de su manuscrito, como por ejemplo en el 'triángulo igual por hiladas redondas' (f. 87r) o en el 'triángulo desigual' (f. 88r). Es más, esta operación es, en esencia, la misma que se aplica en las baídas por hiladas cuadradas. En éstas las hiladas son redondas pero verticales, de forma que las juntas entre hiladas son arcos circulares verticales y paralelos a las embocaduras. Para obtener las plantillas de sus dovelas, Vandelvira desarrolla los conos correspondientes, que ahora son de eje horizontal. Para las hiladas en contacto con los arcos de embocadura, el borde de la plantilla que representa el contacto entre la dovela y el arco se dibuja como el desarrollo de este propio arco. En resumidas cuentas, tanto en las baídas por hiladas redondas como por hiladas cuadradas, las dovelas que están en contacto con los arcos de embocadura tienen plantillas tales que los bordes que definen el contacto de la dovela con dichos arcos se dibujan como curvas circulares cuya curvatura es la correspondiente al desarrollo del propio arco de embocadura.

Finalmente, llegados a este punto, surgen algunas preguntas interesantes. ¿Se podría analizar el error cometido en la plantilla de las dovelas de las pechinas, si lo hay, como consecuencia de combinar en el mismo plano los desarrollos de cono de eje vertical (para los bordes inferior y superior) con los desarrollos de cono de eje horizontal (para los laterales)? ¿Cuál es el procedimiento de diseño de las plantillas para las pechinas en otros textos de cantería? Estas y otras cuestiones son posibles caminos de investigación para el futuro.

CONCLUSIONES

Se han estudiado las trazas para la 'capilla perlongada por hiladas redondas' (f. 83r.) del manuscrito de Vandelvira, prestando especial atención a los procedimientos geométricos aplicados en el diseño de las plantillas de las dovelas de las pechinas. Se ha comprobado que son cuatro los datos gráficos que permiten dibujar estas plantillas: el primer dato es la altura de las hiladas, que se mide directamente de la sección vertical de la bóveda; el segundo dato se obtiene del desarrollo del intradós de las hiladas de las pechinas, según conos de eje vertical, que proporcionan los bordes inferior y superior de las plantillas; el tercer dato surge del despiece en planta de las pechinas, que proporciona la longitud de los bordes inferior y superior anteriores; y el cuarto dato se obtiene del desarrollo de los arcos de embocadura, según conos de eje horizontal, que proporciona los bordes laterales de las plantillas. Con estos cuatro datos gráficos se dibujan las plantillas para las dovelas de las pechinas. Finalmente se ha comprobado que estas operaciones se emplean en otras baídas por hiladas redondas del manuscrito, como por ejemplo en la 'capilla cuadrada por hiladas redondas', aunque algunas superposiciones de sus trazados dificulten su lectura.

NOTA

Este trabajo se inscribe en el proyecto de investigación "Construcción en piedra de cantería en los ámbitos mediterráneo y atlántico (2)" (BIA2009-14350-C02-02) del Plan Nacional de I+D+i del Ministerio de Economía y Competitividad.



Fig 1. Bóveda baída por hiladas redondas sobre planta cuadrada en la Iglesia de Santiago Apóstol (Orihuela, Alicante). 2012.





Fig 2. Bóveda baída por hiladas redondas sobre planta rectangular en la Iglesia de Santo Domingo (Sanlúcar de Barrameda, Cádiz). 2011.

326

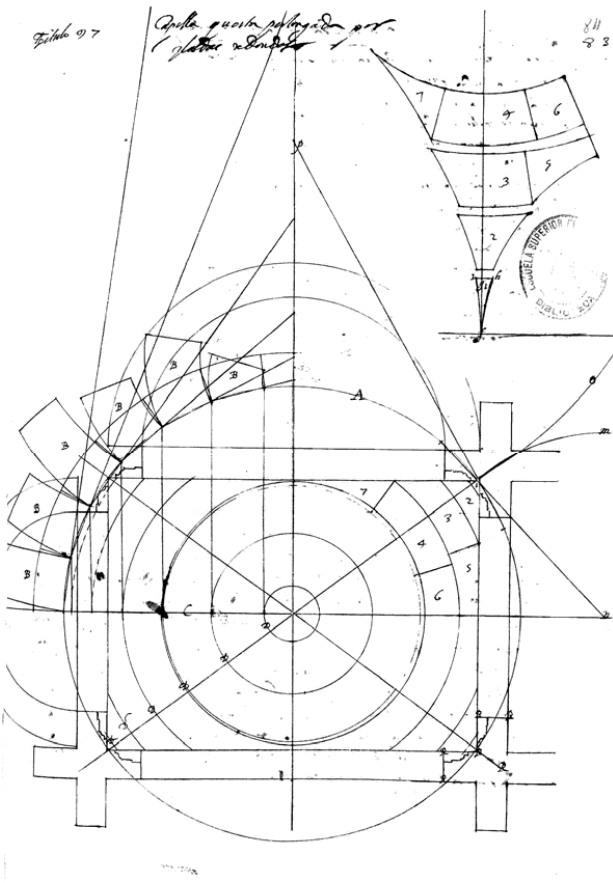


Fig 3. 'Capilla prolongada por hiladas redondas'. Ca. 1585. Vandelvira, Libro de traças de cortes de piedras (f. 83r.)

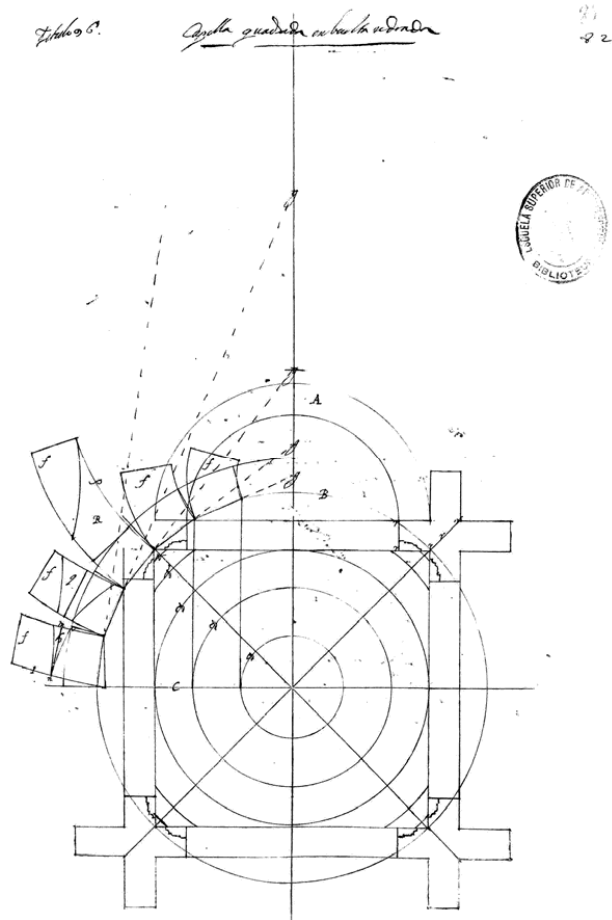


Fig 4. 'Capilla cuadrada por hiladas redondas'. Ca. 1585. Vandelvira, Libro de traças de cortes de piedras (f. 82r.)

Referencias bibliográficas

Alonso Rodríguez, M.A., Calvo López, J. y Rabasa Díaz, E. 2009. Sobre la configuración constructiva de la cúpula del crucero de la Catedral de Segovia. *Actas del VI Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp.53-62. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Calvo López, J. 1999. *Cerramientos y trazas de monea de Ginés Martínez de Aranda*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 1999.

Calvo López, J. et al. 2005. *Cantería renacentista en la Catedral de Murcia*. Colegio Oficial de Arquitectos de Murcia.

Gelabert, J. 1653. *Verdaderos trazes de l'art de picapedrer*. Biblioteca del Consell Insular de Mallorca, Manuscrito. Ed. facsimilar: Palma de Mallorca, Instituto de Estudios Baleáricos, 1977.

Guardia, A. d. Ca. 1600. *Manuscrito de arquitectura y cantería*. Biblioteca Nacional de España, ER/4196. Anotaciones sobre una copia de Giovanni Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori e d'altri personaggi, et huomini illustri*, libro II, Venecia, 1566.

Palacios Gonzalo, J.C. [1990] 2003. *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*. Munilla-Lería, Madrid. Edición 1ª del Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Ministerio de Cultura, 1990.

Rabasa Díaz, E. 1996. Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI. *Actas del I Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp.423-434. Instituto Juan de Herrera, Madrid.

Rabasa Díaz, E. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.



Rabasa Díaz, E. 2007. *Guía práctica de la estereotomía de la piedra*. Editorial de los Oficios, León.

Ruiz de la Rosa, J.A. y Rodríguez Estévez, J.C. 2002. Capilla redonda en buelta redonda (SIC): Aplicación de una propuesta teórica renacentista para la catedral de Sevilla. *Actas del IX Congreso Internacional Expresión Gráfica Arquitectónica*, pp.509-516. Universidad de A Coruña.

Ruiz de la Rosa, J.A. y Rodríguez Estévez, J.C. 2011. Capilla redonda en buelta redonda: Nuevas aportaciones sobre una monte renacentista en la Catedral de Sevilla. *Actas del VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp.1275-1282. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Taín Guzmán, M. 2006. Fifteen unedited engraved architectural drawings uncovered in northwest Spain. *Proceedings of the Second International Congress on Construction History*, pp.3011-3023. Cambridge: Construction History Society.

Taín Guzmán, M. y Natividad Vivó, P. 2011. La monte para las bóvedas de horno de Santa Columba de Carnota. *Actas del VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp.1389-1399. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Vandelvira, A. d. Ca. 1585. *Libro de traças de cortes de piedras*. Madrid: Biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid. Edición facsimilar con introducción, notas, variantes y glosario hispano-francés de arquitectura: Barbé-Coquelin de Lisle, G. 1977. *Tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira*. Caja Provincial de Ahorros, Albacete.