

La montea para las bóvedas de horno de Santa Columba de Carnota

Miguel Taín Guzmán
Pau Natividad Vivó

Los trazados de cantería, o *monteas*, son dibujos de carácter técnico realizados a escala natural que permitían al cantero obtener las plantillas para la labra de dovelas y otros elementos arquitectónicos. En los últimos años se han documentado y publicado un amplio número de monteas en toda Europa. Sin embargo, no son tan frecuentes los estudios que comparan estos trazados con el elemento construido al que se refieren mediante un levantamiento riguroso, principal aportación del trabajo que ahora se presenta. En efecto, nos proponemos estudiar dos bóvedas de horno de la Iglesia de Santa Columba de Carnota (A Coruña) y sus correspondientes monteas incisas en el testero de ésta. Para ello, se analizará y comparará el trazado de las monteas, obtenido mediante calco a escala natural, con el levantamiento fotogramétrico tridimensional de las bóvedas, cuyos resultados ofrecen interesantes y notables coincidencias.

LA IGLESIA DE SANTA COLUMBA DE CARNOTA

La iglesia de Santa Comba o Columba de Carnota constituye un templo barroco de plan basilical de tres naves, la central más ancha, un amplio transepto, sede de varios altares, y un único ábside rectangular en la cabecera, con el altar de Santa Columba, patrona de la localidad (figs.1-2). En el ángulo noreste se halla la sacristía. Todo el recinto se voltea con bóvedas de piedra, las naves de arista, lo que indica el tra-

bajo de cuadrillas de canteros especializados utilizando el abundantísimo granito de la zona (Soraluce y Fernández 1998, 48). Lo más reseñable del templo es su monumental fachada occidental, clasicista y académica, orientada hacia los famosos arenales de Carnota y el bravío mar de la *Costa da Morte*, cuya traza indica la intervención de un arquitecto de cierto mérito. Consta de un frente tetrástilo con cuatro gigantes antas de orden compuesto que sostienen un desarrollado entablamento y un frontón triangular. Sobre ella todavía se levanta un parapeto, flanqueado por pináculos, sobre el que se eleva un esbelto campanario de dos cuerpos jónicos, el primero cuadrangular, con la campana, y el segundo octogonal, terminado en una cúpula y una acrótera.

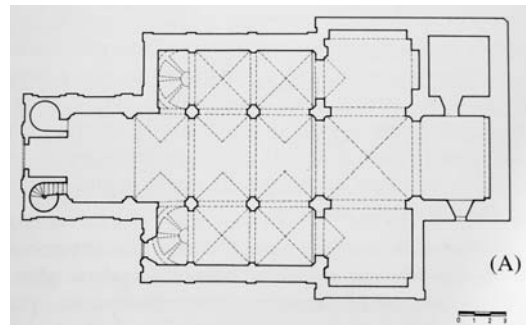


Figura 1
Vista exterior de la iglesia de Santa Columba



Figura 2
Planta de la iglesia (Departamento de Composición de la Universidad de A Coruña)

La destrucción del archivo parroquial durante la invasión francesa en 1809 impide documentar la construcción del templo como sería deseable (Carré 1936, 403). No obstante, basta examinar el edificio para darse cuenta que es resultado de varias intervenciones y ampliaciones, correspondiendo la parte más antigua, la planta basilical, al siglo XVIII. La última fase constructiva, acaso ya de comienzos del siglo XIX, hubo de suponer la supresión de la primitiva fachada occidental original, que cerraría los tres tramos de las naves, y la construcción del edificio de la actual fachada occidental, con el vestíbulo de la iglesia y coro alto de la nave principal. Además, parece que en origen dicho frente estaba pensado rematarlo con dos torres y no con el presente campanario central, atribuido a Carlos Aboy (Gran Enciclopedia Gallega), pues sólo así se explica la presencia de la caja de las dos escaleras de caracol, de las que sólo se ha construido una.

A nivel técnico, la iglesia alberga una gran sorpresa. Se trata de las dos *capillas* que cierran por el oeste las naves laterales, cada una volteada con una bóveda de horno, con el intradós adornado con tres nervios y el remate en relieve, sostenidas por sendos *arcos en torre cavada*, obra maestra de la estereotomía gallega con paralelos en otros lugares de España (Palacios [1990] 2003, 80-83) (figs.3-4). La ubica-

ción de ambos recintos es extraña en la arquitectura religiosa no habiendo encontrado nada similar en ningún otro lugar. Los dos parecen destinados a capillas, si bien hoy no albergan altar o imagen algunos, ni hay memoria de que los hayan tenido. Ello no es raro dado los saqueos producidos en el enclave y otras localidades de la Costa da Morte por los franceses durante la guerra de independencia. Al presente el recinto de la Epístola está horadado por un acceso al interior de la iglesia, que no creemos estuviera en el proyecto original. Es más, exteriormente presenta una sencilla portada clasicista no muy antigua (s. XIX?).

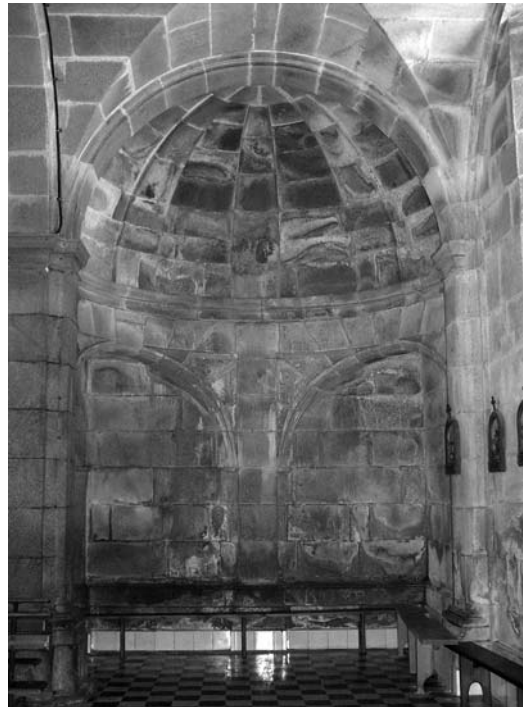


Figura 3
Bóveda de horno de la capilla del Evangelio



Figura 4
Bóveda de horno de la capilla de la Epístola

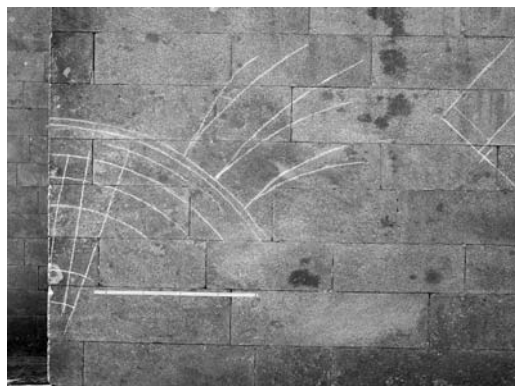


Figura 5
Montea 1

LAS MONTEAS Y LAS BÓVEDAS DE HORNO

Lo interesante del caso de las bóvedas de Carnota es que las monteas para su construcción se conservan en un estado excepcional en el muro exterior del testero de la propia iglesia (figs.5-7), formando parte del riquísimo elenco de dibujos arquitectónicos grabados sobre suelos y paredes de granito localizados en los últimos años en la geografía gallega (Taín 2009). Se conocían monteas gallegas de bóvedas de estrella (catedral de Tui), crucería (monasterio de Montederramo) y arista (colegio de Monforte de Lemos), pero no de cuarto de esfera, constituyendo por ello Carnota un caso excepcional. En efecto, se trata de dos dibujos de carácter técnico realizados a escala natural, con las líneas y las operaciones geométricas necesarias para obtener las plantillas de las bóvedas en cuestión (Barnes 1972; Fergusson 1979; Marías 1992; Sakarovitch 1997; Freire 1998; Ruiz 1987; Schöller 1989; Pinto y Jiménez 1993; Pinto y Ruiz 1994; Ruiz y Rodríguez 2000; Taín 2003a; Taín 2003b; Taín 2003c; Taín 2006; López 2008; Taín 2009; Calvo 2010), descubiertos hace unos años y presentados en la universidad de Cambridge (Taín 2006, 3016-3017).

La operatividad de este tipo de trazas explica su ubicación en un muro o suelo preexistente, próximo a la obra, normalmente en el propio edificio en construcción para evitar conflictos, con buena luz y muchas veces bien ventilado. En el caso de Carnota el

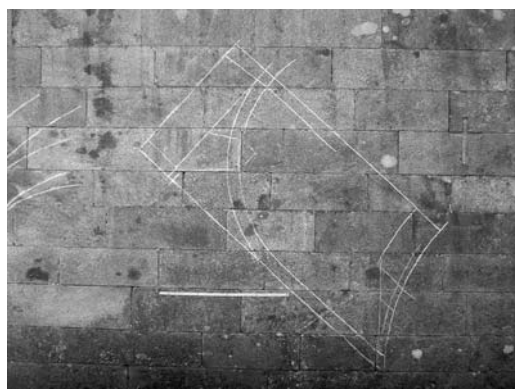


Figura 6
Montea 2 (parte izquierda)

sopORTE elegido es el testero de la cabecera, pues la iglesia, como todas, se empezó a levantar de la cabeza a los pies, siendo nuestras bóvedas, por lo tanto, de los últimos elementos en construirse. Además, el muro cuenta delante con un pequeño espacio abierto, a modo de plazuela, en el que desemboca la calle que viene de la villa, de obligado tránsito para los que acuden a los oficios. Ello quiere decir que el autor de las monteas contó tanto con una amplia y práctica pantalla de proyección donde trabajar, como con un espacio tranquilo para la reflexión y el labrado de la



Figura 7
Montea 2 (parte derecha)

piedra, protegido, además, del frecuente fuerte viento marino procedente de la playa cercana. Tal recinto, a pequeña escala, cabe compararlo con las salas de trazas de las catedrales, como Sevilla, Granada, York, Wells o la cercana de Santiago de Compostela, auténticos laboratorios técnicos de ideas donde no todos los dibujos tienen una finalidad práctica sino que los hay también pedagógicos, destinados a oficiales y aprendices (Gómez-Moreno 1963; Pinto y Jiménez 1993; Taín 2003a; Holton 2006).

En las monteas de Carnota se reconoce el típico desarrollo de conos para la ejecución de bóvedas esféricas, conocidas desde el siglo XVI en los cuadernos de estereotomía españoles. Es probable que su construcción ya estuviera explicada en el manuscrito *Cerramientos y Trazas de Montea* del arquitecto jienense Ginés Martínez de Aranda (el ejemplar que conservamos se haya incompleto), maestro mayor de la catedral de Santiago entre 1603 y 1606, que trabajaría con cuadrillas gallegas en dicho período y del que pudieron aprender la técnica (Bonet 1986; Calvo 1999). En todo caso, sí figura en los textos de otros maestros, como Alonso de Vandelvira en 1575-1580 (fol.61v.), Alonso de Guardia en 1560 (fol.87v.) o Joseph Gelabert en 1653 (p.90) (Palacios [1990] 2003, 188-195; Rabasa 1996, 429-431; Rabasa 2000, 172-175; Rabasa 2011, 130-133), lo que demuestra el nivel de su difusión por la geografía española. No obstante, dada la cronología avanzada de las bóvedas

de Carnota, creemos probable una relación del origen de nuestras monteas con tratados de matemáticas y estereotomía, españoles y franceses, más modernos, de uso frecuente por arquitectos e ingenieros militares, nacionales y extranjeros, que estaban renovando las fortificaciones gallegas y construyendo Ferrol, mientras proyectaban un gran número de iglesias en todo el ámbito gallego (García-Alcañiz 1989). Nos referimos a libros como el *Montea y cortes de cantería* de Vicente Tosca (vol.V de *Compendio Matemático*, 1707-1715) o la *Arquitectura civil* de Benito Bails (vol.IX de *Elementos de Matemática*, 1783), donde se dedican apartados a explicar la técnica de los desarrollos de conos, los dos varias veces reeditados en el siglo XVIII, muy conocidos en la España de la época (Capel, Sánchez y Moncada 1988) y presentes todavía hoy en los fondos antiguos de un gran número de bibliotecas compostelanas y gallegas (Taín 2009). Por otro lado, hay que tener en cuenta que sus contenidos recogen muchos aspectos de la tradición común de la cantería franco-española que ya era conocida de los maestros canteros españoles y gallegos de aquel tiempo después de siglos en la práctica de la profesión (Calvo 2007).

LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO DE LAS BÓVEDAS DE HORNO

El objetivo del levantamiento es generar una documentación gráfica rigurosa de las bóvedas. Se ha empleado un sistema fotogramétrico que algunos autores denominan *fotogrametría multi-imagen* y que permite obtener modelos tridimensionales a partir de fotografías (Jiménez y Pinto 2003, 225-234; Alonso y Calvo 2010). Este sistema resulta ser una herramienta muy eficaz para investigar las piezas de cantería, pues permite determinar con cierta facilidad las juntas entre dovelas y, de este modo, conocer la forma y despiezo del intradós. Se requiere, básicamente, un conjunto de fotografías convergentes realizadas con una cámara digital de alta resolución calibrada y el empleo de un programa informático de fotogrametría. Utilizando dicho programa se van marcando puntos homólogos sobre las fotografías, identificando las intersecciones entre juntas, para que el levantamiento represente con claridad el despiezo. Después el programa calcula las coordenadas de estos puntos, en este caso con un error máximo inferior a 1

cm; siendo que los puntos representan las intersecciones entre juntas y que éstas suelen tener un espesor medio de 1,5 a 2 cm, se puede afirmar que la desviación es irrelevante para nuestro estudio. Los puntos restituidos, unidos convenientemente con líneas, muestran un modelo alámbrico tridimensional del intradós, que se ha procesado con programas de CAD para obtener una representación más acorde con las convenciones usuales del dibujo arquitectónico. El resultado es un levantamiento tridimensional del intradós de las bóvedas, lo que facilita enormemente su estudio y la presentación bidimensional en cualquier sistema de representación (fig.8).

El levantamiento muestra que el intradós de ambas bóvedas se ajusta con precisión a un cuarto de esfera, limitado inferiormente por una cornisa (que se ha ocultado para facilitar la visión del intradós) y frontalmente por un arco de medio punto. En el interior se reconocen tres *nervios* en relieve que arrancan desde la cornisa y acometen sobre una coronación o *remate superior*, también en relieve, compuesto por dos hiladas

incluida la clave. La existencia de estos elementos en relieve hace que el intradós de cada bóveda venga definido por dos superficies esféricas: la correspondiente al intradós de los nervios y el remate, y la correspondiente al intradós de los cuatro paños o *cascos* que quedan entre los nervios y el arco. Ambas superficies esféricas serían concéntricas y su separación vendría determinada por la anchura del relieve. El despiece de las bóvedas se realiza por hiladas horizontales circulares. En las tres primeras, nervios y cascós se construyen simultáneamente con las mismas dovelas, siendo sus juntas de lecho continuas; pero a partir de la cuarta se resuelven de manera independiente, pues los nervios se ejecutan con tres hiladas hasta el remate y los cascós hacen lo propio con cuatro.

Existen algunas relaciones geométricas que parecen regular la forma de ambas bóvedas. Si dividimos la sección en 6 partes iguales, desde la base hasta la clave, se comprueba que las nervaduras y los cascós cubren el tramo correspondiente a 5 divisiones, mientras que la coronación se corresponde con la última. Las 2 primeras divisiones coinciden con las hiladas en las que nervios y cascós se construyen simultáneamente, y las 3 siguientes con el tramo donde éstos se ejecutan de manera independiente. Por otro lado, si dividimos en 20 partes iguales la planta semicircular de la bóveda de la capilla del Evangelio y unimos las divisiones 5, 10 y 15 con el centro, obtenemos las directrices de los nervios; al unir las divisiones 4, 6, 9, 11, 14 y 16 con el centro se define su anchura convergente. En la bóveda de la capilla de la Epístola hay que dividir la planta en 18 partes y unir las divisiones 4, 9 y 14 con el centro para obtener las directrices de los nervios; sin embargo, ahora no se detecta un esquema claro que regule la reducción de anchura. En cualquier caso, es evidente el interés de los canteros por controlar geoméricamente el diseño y la construcción, en planta y sección, de ambas bóvedas y sus nervaduras.

EL ESTUDIO COMBINADO MONTEA-BÓVEDA

El estudio conjunto de las bóvedas y sus monteas aporta datos sobre las técnicas de cantería que no facilitan ni las propias piezas, ni los manuscritos y tratados, incluso aquellos más próximos a la práctica constructiva (Calvo et al. 2005, 137-150; López 2008; Alonso, Calvo y Rabasa 2009; Calvo et al. 2010). En el presente trabajo hemos denominado a

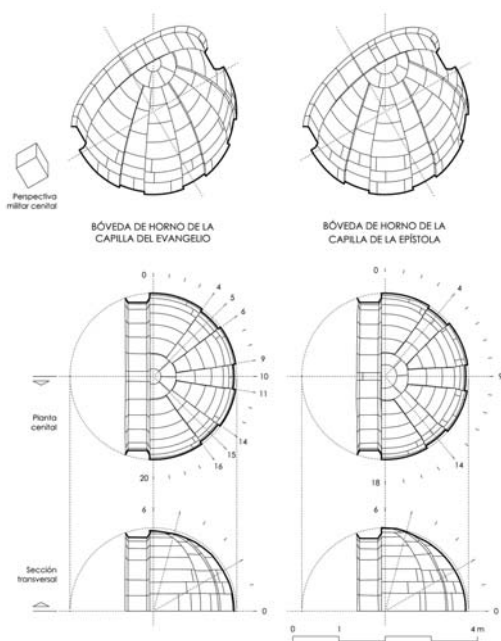


Figura 8
Levantamiento de la bóveda de la capilla del Evangelio (izquierda) y de la capilla de la Epístola (derecha)

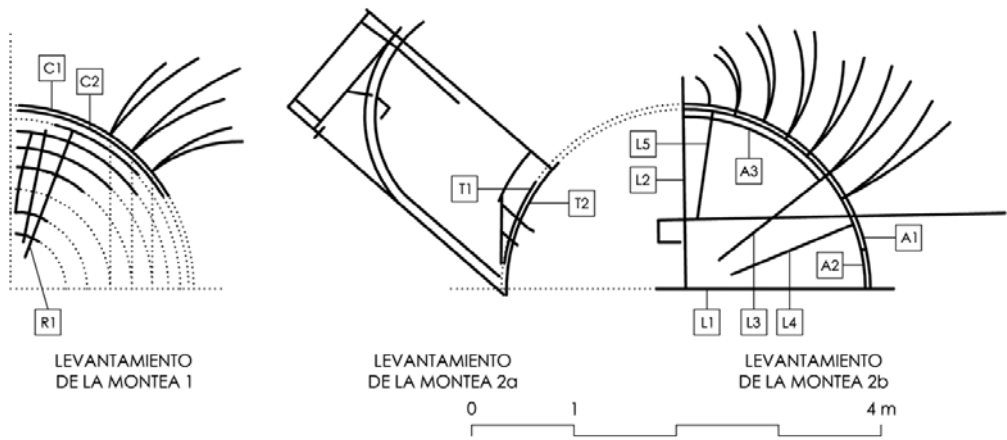


Figura 9
Levantamiento de las monteas incisas en el testero de la iglesia de Santa Columba

las monteas como *montea 1* y *2*. La segunda se compone de dos partes separadas pero relacionadas a través de dos arcos (señalado en línea de puntos) las cuales llamaremos *montea 2a* y *2b* (fig.9).

La montea 1

La montea 1 presenta trazados que la vinculan con bóvedas esféricas. Se reconocen arcos concéntricos, líneas convergentes y desarrollos de conos. Recordemos que el desarrollo de conos es una hábil estrategia geométrica que permite asemejar la esfera a varios troncos de conos, posibilitando el desarrollo de la superficie para obtener plantillas con las que labrar el intradós esférico de las dovelas (Palacios [1990] 2003, 188-195; Rabasa 1996, 429-431; Rabasa 2000, 170-176). En esta montea los desarrollos de conos se efectúan desde tres divisiones en el arco C1, donde el arco representaría la sección del intradós de una bóveda esférica y las divisiones marcarían el ancho de dos hiladas cualesquiera. Si estas divisiones se trasladan verticalmente hasta la horizontal y luego se trazan los arcos correspondientes (dibujados en líneas de puntos) se comprueba que éstos coinciden con los existentes en la montea. Por tanto, se puede afirmar que los arcos concéntricos de la montea 1 son proyecciones en planta de las juntas de lecho.

Al superponer el levantamiento de la montea 1 con el de las bóvedas, a escala 1:1, se observan pocas coincidencias. En primer lugar, los desarrollos de conos no se corresponden con las hiladas de las bóvedas, que son de mayor anchura; en segundo lugar, no sabemos con seguridad que representan las líneas convergentes, pero pensamos que podrían ser proyecciones horizontales de juntas siguiendo los meridianos de la esfera, o incluso el diseño en planta de un nervio; y por último, los arcos concéntricos no coinciden con las proyecciones horizontales de los lechos, excepto C1 y C2, que se ajustan a las dos superficies esféricas de intradós (C1 coincide con el intradós de los cascos y C2 con el intradós de los nervios y el remate). En cualquier caso, resulta sospechoso que esta montea reúna tantos elementos, si bien casi ninguno completo: combina la técnica de desarrollo de conos, como aparece en el manuscrito de Vandelvira (fol.61v.) o en las monteas halladas en las terrazas de la Catedral de Sevilla (Ruiz y Rodríguez 2002), con proyecciones horizontales detalladas (juntas circulares y radiales), como muestran algunos ejemplos del manuscrito de Guardia (fol.87v.) o los trazados de la sacristía de la Catedral de Murcia (Calvo et al. 2010). A primera vista parece que esta montea podría tener carácter didáctico, pues muestra dos soluciones alternativas al mismo problema de labrar una dovela esférica, esto es, la labra con planti-

llas obtenidas por desarrollos y la labra por robos a partir de proyecciones. Pero no olvidemos que los arcos C1 y C2 coinciden con las superficies de intradós, por lo que la montea también podría ser un primer tanteo para las bóvedas que finalmente no se ejecutó, situación relativamente frecuente (López 2008; Alonso, Calvo y Rabasa 2009). Como veremos más adelante, el análisis de la montea 2b arroja datos que abonan esta última hipótesis.

La montea 2a

A priori, esta peculiar montea no parece tener relación con bóvedas esféricas. Barajamos la hipótesis de que represente media planta y medio alzado de uno de los arcos en torre cavada que sustentan ambas bóvedas, si bien sería un trazado sin pretensiones estereotómicas pues no muestra despiece alguno. Bajo cada bóveda existen dos arcos en torre cavada iguales, de manera que con la misma semicircunferencia se podría dibujar la planta para un arco en torre cavada (parte izquierda) y la planta-sección de una bóveda de horno (parte derecha), cuestión que justificaría la correspondencia de los arcos T1 y T2 con A1 y A2. No sería extraña esta superposición de trazados de distintos elementos, práctica frecuente en cantería, ya sea por economía de esfuerzos o por falta de espacio disponible (Calvo 1999, 1: 181-183; Calvo et al. 2005, 137-150). A partir de la planta del arco se podría trazar el alzado, que si queremos que sea frontal, ha dibujarse girado. Y sólo haría falta dibujar la mitad, porque es simétrico. Evidentemente se trata de una hipótesis, pero explicaría en parte estos singulares trazados y su relación con la montea 2b.

La montea 2b

Esta montea es la que aporta más información. Presenta dos rectas L1 y L2 a modo de ejes, cuya intersección es el centro de los trazados circulares A1, A2, A3, T1 y T2; los arcos A1 y A2 dibujan un cuarto de circunferencia completo y A3 cubre el tramo desde L2 hasta L5; las rectas L3, L4 y L5 se trazan desde A1 y A2 convergentes hacia el centro, pero sin llegar a éste; y sobre el arco A1 se observan seis desarrollos de conos. Al superponer el levantamiento de la montea 2b con el de las bóvedas, a escala 1:1,

surgen notables coincidencias (fig.10). Lo primero que se observa es que, tanto en planta como en sección, los arcos A1 y A2 se ajustan con precisión a las dos superficies esféricas del intradós de las bóvedas. El arco A1 define el intradós correspondiente a los cascos, mientras que A2 define el intradós de los nervios y el remate. El arco A3, por su parte, marca el contorno de la cornisa vista en planta.

La superposición de la montea 2b con la sección de ambas bóvedas muestra que los desarrollos de conos van desde el lecho de la cuarta hilada en adelante, no habiendo en las tres primeras hiladas; puede que se hayan perdido, o que nunca se trazaran, pero también podría significar que estas hiladas se labraron por algún procedimiento que no requería desarrollos. El levantamiento de las bóvedas proporciona algunos datos interesantes al respecto: gracias al relieve existente entre nervaduras y cascos, las juntas de lecho nos permiten detectar que las tres primeras hiladas de ambas bóvedas parecen tener lechos planos horizontales, mientras que las siguientes hiladas parecen tener lechos cónicos. Tal disposición de los lechos no sería en absoluto extraña. Diferentes estudios ponen de manifiesto el empleo de esta estrategia constructiva, probablemente heredada de la manera

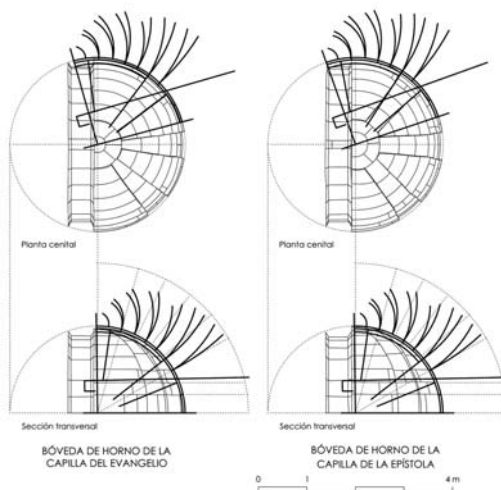


Figura 10
Superposición, a escala 1:1, de la montea 2b con el levantamiento de la bóveda de la capilla del Evangelio (izquierda) y la bóveda de la capilla de la Epístola (derecha)

de labrar las jarjas en las bóvedas de crucería góticas, y con la ventaja de ahorrar superficie de cimbraje pues cada hilada apoyaría sobre la anterior por vuelo sucesivo (Rabasa 2000, 162; Alonso y López 2002, Alonso 2007, López 2009a; López 2009b). Es probable, por tanto, que las dovelas de las tres primeras hiladas se ejecutaran de modo similar a las jarjas góticas, es decir, labrando a partir de las referencias marcadas en sus lechos y sobrelechos, y comprobando la concavidad con una cercha. Las referencias se obtendrían de la montea sin problemas tan sólo dibujando las proyecciones horizontales de las juntas entre hiladas, procedimiento que además facilitaría bastante la labor de marcar la posición y forma en relieve de las nervaduras. Esta hipótesis justificaría la inexistencia de desarrollos de conos en la montea 2b para las tres primeras hiladas (pues serían innecesarias las plantillas de intradós) y explicaría por qué en estas hiladas los nervios y cascos se ejecutaron simultáneamente y con lechos horizontales.

La superposición de la montea 2b con la planta cenital de las bóvedas muestra que las rectas L3 y L4 definen claramente la forma del nervio de la bóveda de la capilla del Evangelio, por lo que quizá se trazaron con esa intención; en la otra bóveda, sin embargo, ya no hay correspondencia. En cualquier caso, sabemos que los constructores prestaron especial atención al diseño de los nervios, con intradós esférico y reducción progresiva de anchura desde la base hasta la coronación. Para conseguir nervios con tal geometría se requiere trazar y labrar con precisión cada una de sus dovelas, controlando sobre todo la longitud en las juntas de lecho. En las tres primeras hiladas, y de acuerdo con la hipótesis anterior, no sería difícil controlar la forma de estas dovelas. Pero, a partir de la cuarta hilada, los nervios tienen lechos cónicos y se resuelven con dovelas independientes de los cascos.

Es posible que las dovelas de las nervaduras se labraran (a partir de la cuarta hilada) empleando plantillas de intradós obtenidas por desarrollos de conos. Bajo estas circunstancias haría falta definir las dimensiones de la plantilla, lo que obligaría a obtener las longitudes de juntas en planta y llevarlas a los desarrollos (aproximadamente). Este método sería similar al descrito por Vandelvira en varias de sus bóvedas esféricas, o a la exposición realizada por Tosca para obtener las plantillas de la dovola de una media naranja (p.212-214). Sin embargo, los desarrollos de

conos que se observan en la montea 1 y en la 2a surgen de los arcos C1 y A1 respectivamente, que corresponden al intradós de los cascos, no de las nervaduras. Por esto pensamos que las dovelas de los nervios se labraron (a partir de la cuarta hilada) por robos, empleando únicamente plantillas con las proyecciones en planta y sección. Es cierto que ambos procedimientos permitirían al cantero labrar con cierta precisión las dovelas para los nervios y justificarían la existencia de proyecciones horizontales en las monteas, como las juntas de lecho o los laterales de los nervios. Pero sólo el segundo explicaría que no se hayan localizado, en ninguna de las monteas, desarrollos de conos a partir de los arcos que definen el intradós de los nervios.

Por su parte, todo apunta a que las dovelas de los cascos se labraron (a partir de la cuarta hilada) utilizando plantillas de intradós obtenidas de desarrollos de conos. En este sentido, la superposición de la montea 2b con la sección de ambas bóvedas no ofrece dudas: los desarrollos se corresponden con el intradós de los cascos, pues surgen del arco A1 y empiezan exactamente desde del lecho de la cuarta hilada, cubriendo todo el tramo superior excepto la clave. Bajo estas circunstancias la montea 1 adquiere mayor relevancia, pues no se trataría únicamente de un tanteo inicial abandonado o de carácter didáctico, sino más bien un banco de pruebas para afinar las operaciones geométricas a aplicar posteriormente en la montea definitiva, esto es, proyecciones para labrar con precisión las dovelas de los nervios y desarrollos para labrar las dovelas de los cascos.

Y en cuanto a las dovelas de la coronación se refiere, lo más seguro es que se labraran mediante plantillas de intradós y baivel. Al menos eso parece indicar la montea 2b, que muestra el desarrollo de cono para la última hilada antes de la clave.

Es evidente que existen muchas coincidencias entre la montea 2b y las bóvedas, pero también existen algunas diferencias que nos llevan a pensar que ésta no sea la montea definitiva. En primer lugar, muestra el desarrollo de seis conos; si exceptuamos el último, que recae sobre el remate superior, nos quedan cinco, que corresponden al intradós de los cascos. Parece que el tracista tenía previsto construir los cascos mediante ocho hiladas desde la cornisa hasta el remate, donde las tres primeras tendrían lechos horizontales y las cinco siguientes lechos cónicos; sin embargo, el levantamiento de las bóvedas muestra como el inter-

valo destinado a despiezarse con estas cinco hiladas se ejecutó finalmente con cuatro. Y en segundo lugar, en la montea 2b el desarrollo de cono para la primera hilada de la coronación surge erróneamente del arco A1 correspondiente al intradós de los cascos, cuando en realidad debería partir del arco A2. Estas dos diferencias ponen de manifiesto que la montea 2b combina trazados precisos de las bóvedas con trazados a modo de prueba, cuestión que la ubica como una montea muy próxima a la solución final, pero no definitiva.

CONCLUSIONES

El estudio conjunto de las bóvedas y sus monteas, a partir de sus levantamientos, nos ha permitido analizar el proceso constructivo y realizar hipótesis sobre las técnicas de cantería aplicadas. En las tres primeras hiladas, para las que las monteas no muestran desarrollos de conos, los nervios y cascos se construyen simultáneamente y con lechos planos horizontales, por lo que es probable que se labraran al modo de las jarjas góticas, es decir, mediante referencias en sus lechos y sobrelechos, y controlando la esfericidad del intradós con una cercha. Desde la cuarta hilada hasta la coronación, los nervios y cascos se construyen independientemente y con lechos cónicos. Los nervios tienen una forma peculiar que requiere cierta precisión en la talla de sus dovelas, pues al intradós esférico debemos sumar la reducción progresiva de anchura; por esto pensamos que podrían haberse labrado (a partir de la cuarta hilada) por robos, utilizando plantillas con las proyecciones, lo que explicaría las proyecciones horizontales en las monteas y la inexistencia de desarrollos de conos para su intradós. Por su parte las dovelas de los cascos se tallarían (a partir de la cuarta hilada) aplicando plantillas obtenidas por desarrollos de conos, cuestión que no ofrece duda en la montea 2b, pues dichos desarrollos surgen exactamente desde el lecho cuarta hilada y a partir del arco que representa el intradós de los cascos. La utilización de ambas técnicas de labra justificaría la combinación, en las monteas, de proyecciones detalladas y desarrollos de conos.

Sin embargo, pese a las notables coincidencias observadas, se detectan diferencias que ponen de manifiesto que estas monteas no son las definitivas, aunque se aproximen mucho a la solución final. Por otro

lado, esta cuestión abre la posibilidad a la existencia de una montea definitiva, que quizá se encuentre, por qué no, bajo las bóvedas, oculta tras el nuevo pavimento...

NOTA

Este trabajo se ha podido realizar gracias a la ayuda del Proyecto de Investigación «Los Trazados de Cantería de la Catedral de Murcia», financiado por la Fundación Séneca (11988/PI/09).

LISTA DE REFERENCIAS

- Alonso Rodríguez, M.A. y López Mozo, A. 2002. Levantamiento de la cúpula de la iglesia del Monasterio de San Lorenzo del Escorial. *Actas del IX Congreso de Expresión Gráfica Arquitectónica. Re-visión: Enfoques en docencia e investigación*, 327-332. A Coruña: Universidad de A Coruña.
- Alonso Rodríguez, M.A. 2007. Sobre la cúpula trasdosada de la Iglesia de Cobos en Segovia. *Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 23-28. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- 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*, 53-62. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Alonso Rodríguez, M.A. y Calvo López, J. 2010. Sobre el levantamiento arquitectónico mediante fotogrametría multimagén. *Actas del XIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 35-40. Universidad Politécnica de Valencia.
- Bails, B. 1783. *Arquitectura civil*. Vol. IX: *Elementos de Matemática*. Madrid.
- Barnes, C. F. 1972. The gothic architectural engravings in the cathedral of Soissons. *Speculum*, vol. 47, nº 1, 60-64.
- Calvo López, J. 1999. *Cerramientos y trazas de monteas de Ginés Martínez de Aranda*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 1999.
- Calvo López et al. 2005. *Cantería renacentista en la catedral de Murcia*. Murcia: Colegio Oficial de Arquitectos.
- Calvo López, J. 2007. Piezas singulares de cantería en la ingeniería y la arquitectura militar de Cartagena en el XVIII. *Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 167-176. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Calvo López, J. et al. 2010. El uso de monteas en los talleres catedralicios. El caso murciano. *Semata. Ciencias So-*

- ciats e Humanidades*, vol. 22, 519-536. Universidade de Santiago de Compostela, Servicio de publicaciones.
- Capel, H., Sánchez, J.E. y Moncada, O. 1988. *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*. Barcelona: CSIC y Ed. el Serbal.
- Carré Aldao, E. 1936 (reed.). *Geografía General del Reino de Galicia*. Provincia de la Coruña, vol. II. Barcelona.
- Fergusson, P. J. 1979. Notes on Two Cistercian Engraved Designs. *Speculum*, vol. 54, nº 1, 1-17.
- Freire Tellado, M. J. 1998. Los trazados de monte de factura renacentista del edificio de los escolapios de Monforte de Lemos (Lugo). *Actas del II Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 173-180. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- García-Alcañiz Yuste, J. 1989. *Arquitectura del Neoclásico en Galicia*. La Coruña.
- Gelabert, J. 1653. *De l'Art de Picapedrer*. Ed. facsímil: Diputación Provincial de Baleares, Mallorca. 1977.
- Gómez-Moreno, M. 1963. Diego de Siloé. Homenaje en el IV centenario de su muerte. *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada*.
- Gran Enciclopedia Gallega. 1976. Carnota. Vol.V, 82-83. Santiago-Gijón.
- Guardia, A. de. Ca. 1600. *Manuscrito de arquitectura y cantería*. Biblioteca Nacional de Madrid. Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, Imprese di diversi principi, duchi, signori..., Libro II, Venecia, 1566.
- Holton, A. 2006. The Working Space of the Medieval Master Mason the Tracing Houses of York Minster and Wells Cathedral. *Proceedings of the Second International Congress on Construction History*, 1579-1597 Cambridge.
- Jiménez Martín, A. y Pinto Puerto, F. 2003. *Levantamiento y análisis de edificios. Tradición y futuro*. Universidad de Sevilla, IUCC.
- López Mozo, A. 2008. Tres monteas escurialenses. *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, nº 13, 190-197.
- López Mozo, A. 2009a. La construcción de bóvedas en piedra: El Escorial. En *El Arte de la Piedra. Teoría y Práctica de la Cantería*, Cuadernos de investigación, nº 1, 205-231. Madrid: CEU Ediciones.
- López Mozo, A. 2009b. La cúpula de El Escorial: geometría, estereotomía y estabilidad. *Actas del VI Congreso Nacional de Historia de la construcción*, 763-776. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Marías Franco, F. 1992. Trazas, trazas, trazas: tipos y funciones del dibujo arquitectónico. *Juan de Herrera y su influencia*. Actas del Simposio, 351-360. Camargo.
- Martínez de Aranda, G. 1556-1620. *Cerramientos y Trazas de Monte*, mss. Ed. facsímil: A. Bonet Correa. 1986. Madrid: Biblioteca CEHOPU.
- Palacios Gonzalo, J. C. [1990] 2003. *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*. Madrid: Munilla-Leria.
- Pinto Puerto, F. y Jiménez Martín, A. 1993. Monteas en la Catedral de Sevilla. *Revista De Expresión Gráfica Arquitectónica*, nº 1, 79-84.
- Pinto Puerto, F. y Ruiz de la Rosa, J. A. 1994. Monteas en La Cartuja de Santa María de la Defensa en Jerez de La Frontera. *Revista De Expresión Gráfica Arquitectónica*, nº 2, 136-144.
- 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*, 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. 2011. *El manuscrito de cantería de Joseph Gelabert, titulado «Verdaderas traças del Art de picapedrer»*. Colegio Oficial de Arquitectos de las Islas Baleares y Fundación Juanolo Turriano.
- Ruiz de la Rosa, J. A. 1987. *Traza y Simetría de la Arquitectura en la Antigüedad y el Medievo*. Serie Arquitectura. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- Ruiz de la Rosa, J. A. y Rodríguez Estévez, J.C. 2000. Monteas en las azoteas de la Catedral de Sevilla. Análisis de testimonios gráficos de su construcción. *Actas del III Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 965-978. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- 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. Re-visión: Enfoques en docencia e investigación*, 509-516. Universidad de A Coruña.
- Sakarovitch, J. 1997. *Epures d'architecture*. Basel-Boston-Berlin.
- Soraluce Blond, J.R. y Fernández Fernández, X. (dirs.) 1998. *Comarca de Muros e Noia: Carnota, Lousame, Muros, Noia, Outes e Porto do Son. Arquitecturas da provincia da Coruña*, vol. III, 48-49. Departamento de Composición da Universidade da Coruña, A Coruña.
- Schöller, W. 1989. Ritzzeichnungen. Ein Beitrag zur Geschichte der Architekturzeichnung im Mittelalter. *Architectura*, nº 19, 36-61.
- Taín Guzmán, M. 2003a. Las monteas de la Catedral de Santiago de Compostela: de la arquitectura a la escultura. *Correspondencia e Integración de las Artes. XIV Congreso Nacional de Historia del Arte*, 511-522, Málaga.
- Taín Guzmán, M. 2003b. Las monteas en Galicia: propuestas de una tipología. *Goya*, nº 297, 339-355.

- Taín Guzmán, M. 2003c. The drawings on stone in Galicia: types, uses and meanings. *Proceedings of the First International Congress on Construction History*, 1887-1898. 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*, 3011-3023. Cambridge.
- Taín Guzmán, M. 2009. La utilización de monteas en la construcción en piedra: El caso gallego. *El Arte de la Piedra. Teoría y Práctica de la Cantería*. Cuadernos de investigación, nº1, 173-204. Madrid: CEU Ediciones.
- Tosca, T.V. 1727 (2ªed.). *Montea y Cortes de cantería*. Madrid.
- Vandelvira, A. de. Ca.1585. *Libro de traças de cortes de piedras*. Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid. Ed. facsímil: Barbé-Coquelin de Lisle, G. 1977. *El tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira*. Edición con introducción, notas, variantes y glosario hispano-francés de arquitectura. Caja de Ahorros Provincial de Albacete.

