



## BÓVEDAS RENACENTISTAS DE INTRADÓS ESFÉRICO Y TÓRICO EN EL ANTIGUO OBISPADO DE CARTAGENA

José Calvo López. Universidad Politécnica de Cartagena

Miguel Ángel Alonso Rodríguez. Universidad Politécnica de Madrid

A lo largo del siglo XVI se construyó en la ciudad de Murcia y su entorno un notable grupo de bóvedas de piedra de intradós esférico y tórico. Algunas de ellas ocupan un lugar destacado en los textos de cantería de la época, como la bóveda de la capilla interior o *recapilla* de Gil Rodríguez de Junterón en la catedral de Murcia, que desempeña el papel de arquetipo de las bóvedas tóricas en el *Libro de trazas de cortes de piedras* de Alonso de Vandelvira; otro tanto se puede decir de la bóveda en espiral de la antesacristía de esa catedral, el primer ejemplo conocido del tipo denominado *Voûte en forme d'une coquille de limaçon* por Philibert de L'Orme o *Bóveda en vuelta capazo* en el texto de Vandelvira. Junto a estas piezas existen en lugares próximos otras muchas que tratan problemas geométricos similares, referidos casi siempre a la división de la esfera y el toro por medio de paralelos y meridianos. La gran mayoría de estas obras se pueden vincular documentalmente, o por lo menos estilísticamente, a Jerónimo Quijano, maestro mayor del obispado de Cartagena entre 1526 y 1562, excepto la bóveda de la sacristía de la catedral de Murcia, cerrada en 1525 bajo la maestría de Jacopo Torni, y la del presbiterio de Santiago de Orihuela, realizada por Joan de Inglés hacia 1577. Por tanto, parece que el ámbito cultural que explica la notable coherencia de este grupo de obras no es tanto el Reino de Murcia como la antigua diócesis de Cartagena, que hasta 1564 incluía la Gobernación de Orihuela. Cada una de estas bóvedas podría ser objeto de un estudio detenido, y de hecho lo hemos realizado para las situadas en la catedral de Murcia, conjuntamente con Enrique Rabasa y Ana López Mozo. Ahora bien, consideramos que un estudio de conjunto breve de estas piezas, centrado en sus características geométricas y constructivas, dejando de lado por el momento autorías y dataciones, puede ser interesante para poner de relieve la unidad del grupo y al mismo tiempo servir de guía para estudios futuros.

El presbiterio de la iglesia de Santiago de Jumilla se resuelve con una composición de tres bóvedas de horno, que apoyan contra cuatro arcos torales, sobre los que descansan pechinas que sirven de estribo a una bóveda de naranja central. La disposición del conjunto y su relación con la nave gótica recuerdan a las grandes cabeceras trilobuladas del gótico hispánico, como las de El Parral o Casalarreina. Sin embargo, aquí las bóvedas no se tratan con nervios y plementería, sino con gallones y estrías materializados con la misma dovela. Por tanto, nos encontramos con un cambio radical frente a la línea central de la construcción gótica; de un sistema basado en una retícula de nervios lineales se pasa a otro que emplea únicamente piezas volumétricas. El paso de un concepto a otro fue rápido, como demuestra un trazado a tamaño natural conservado en las cubiertas de la catedral de Sevilla, que concuerda en forma y dimensiones con la bóveda de naranja que cubre una escalera de caracol próxima al trazado, construida en 1543 ó 1544.

A su vez, este trazado sevillano coincide en casi todos sus detalles con la exposición de la bóveda semiesférica o *Capilla redonda en vuelta redonda* en el *Libro de trazas de cortes de piedras* de Alonso de Vandelvira, redactado alrededor de 1580. Para resolver el

problema, el autor comienza trazando la planta de la bóveda. A continuación no se molesta en construir un alzado, sino que reutiliza la mitad de la planta como sección de la bóveda, aprovechando que la esfera tiene la misma curvatura en todas las direcciones. Podemos imaginar a los canteros de Sevilla, andando a gatas por las terrazas de la catedral para realizar el trazado; no es de extrañar que aguzen el ingenio para trazar una línea menos. A continuación se divide la sección en tantas partes como hiladas deba tener la bóveda y se construyen las plantillas de intradós de las dovelas de cada hilada. La superficie esférica no es desarrollable; Vandelvira salva este escollo empleando una serie de conos auxiliares que tienen por directrices las juntas entre hiladas sucesivas o *lechos*, que podemos entender como paralelos de la esfera. El eje de este cono vendrá dado por una línea vertical que pasa por el centro de la esfera, es decir, el centro de la circunferencia de imposta de la bóveda. Para desarrollar uno de estos conos, Vandelvira toma la junta entre dovelas de la misma hilada, que denomina *junta* sin más, y que corresponde a una porción de meridiano de la esfera; trazando la cuerda de esta *junta* y prolongándola hasta encontrar el eje del cono, tiene una generatriz de la superficie cónica; la intersección de la cuerda de la *junta* y el eje será el vértice del cono. Trazando dos arcos con centro en el vértice del cono de manera que pasen por los extremos de la *junta*, Vandelvira dispone de un principio de desarrollo del cono auxiliar, que le facilita tres lados de la plantilla de intradós de la dovela. Para completar el desarrollo del cono, sería necesario trazar una segunda generatriz para cerrar la plantilla, pero esto nos llevaría al espinoso problema de la rectificación de la circunferencia; Vandelvira se desentiende de la cuestión diciendo que “las tales cerchas cerrarás por do quisieres”. Es decir, el cantero puede trazar la generatriz de cierre donde le convenga, siempre que pase por el vértice del cono. Esta actitud despreocupada debía de ser habitual en la práctica; en el trazado de Sevilla ni siquiera se marcan las generatrices de cierre.

Una vez se han obtenido las plantillas de intradós de cada una de las hiladas de la bóveda, el cantero puede afrontar la labra de la dovela con ayuda de estas plantillas, realizadas con un material flexible, y dos instrumentos típicamente canteriles, que puede construir a partir del trazado: el baivel y la cercha. La cercha es una regla de borde curvo, con el radio de la semiesfera de intradós; el baivel es una escuadra que tiene también un brazo curvo, con el radio de la bóveda, mientras que el otro brazo será recto y representará la normal a la superficie de intradós. Aunque Vandelvira no es muy explícito acerca de estas operaciones, otros manuscritos y tratados, como los de Alonso de Guardia o Derand, arrojan luz sobre la cuestión. Con ayuda de la cercha, el cantero puede labrar una porción de superficie esférica y colocar sobre ella la plantilla flexible para marcar su forma. Hecho esto, puede labrar las superficies laterales de la dovela, correspondientes a los lechos y las *juntas*, utilizando el baivel. En realidad los *lechos* vendrán dados por una familia de conos con vértice en el centro de la semiesfera de intradós, que no hay que confundir con los conos auxiliares empleados por Vandelvira, mientras que las *juntas* se disponen en planos meridionales de esta misma semiesfera. Ahora bien, tanto estos conos como los planos meridionales son superficies generadas por normales a la semiesfera de intradós; esto permite labrarlas con auxilio del baivel, apoyando el brazo curvo sobre la superficie esférica del intradós de la dovela, y comprobando la labra de los lechos o las *juntas* con el brazo recto. Como hemos visto,



Vandelvira no muestra especial interés por controlar la longitud de la dovela, que corresponde a la distancia entre dos *juntas* sucesivas, y el trazado de Sevilla tampoco refleja ningún esfuerzo en este sentido. Esta práctica puede parecer descuidada a nuestros ojos, pero en muchos casos vendría justificada por las características de las canteras, que en muchas ocasiones imponen el empleo de bloques de tamaños diferentes; resulta llamativo comprobar que en una obra tan significativa como el cimborrio de la basílica de El Escorial se emplean dovelas de longitudes variables. Por el contrario, en Jumilla es preciso controlar el ancho de estrías y gallones; las bóvedas de horno laterales nos pueden ofrecer algunas indicaciones sobre este problema.

En estas bóvedas de cuarto de esfera se invierte la disposición de las hiladas, que aquí toman la forma de arcos de medio punto; de esta manera, los lechos de la bóveda se disponen en planos verticales paralelos al arco toral contra el que apoya la bóveda de horno, mientras que los meridianos o *juntas* se obtienen cortando el cuarto de esfera por los planos de un haz que tiene por eje una recta horizontal que pasa por el centro del cuarto de esfera y es perpendicular al plano del arco toral. Las plantillas de intradós se pueden obtener por un método similar al empleado en la bóveda de naranja, desarrollando conos que pasan por dos lechos sucesivos y tienen su vértice en el eje del haz de planos meridionales, como sugiere Vandelvira en la *Media naranja avenerada* o la *Media naranja oval*. Precisamente esta última traza ofrece una indicación útil acerca de los medios empleados para controlar los anchos de gallones y estrías. Aunque Vandelvira no trata con claridad esta cuestión, como otras muchas, al menos dice que “por las cerchas de sus plomos [...] tomarás los anchos de sus estrías”. Es decir, el ancho de la estría, y podemos suponer que el del gallón, se controla a partir del alzado, que representa en verdadera magnitud los segmentos dispuestos en planos frontales. Esto se puede hacer trazando los gallones en alzado, tomando el ancho del gallón a la altura de un lecho, marcando esta distancia en la cercha empleada para labrar el intradós de la dovela, y transportando esta distancia a la superficie esférica del intradós de la dovela. Dado que se trata de una distancia entre dos puntos, transportada por medio de una cercha rígida, no se plantean los problemas que podría plantear el desarrollo de un cono en caso de transportar la distancia por medio de una plantilla flexible. Podemos aplicar el mismo método a la bóveda de naranja central, pero aquí resultará más sencillo tomar la separación entre gallones de la planta, que conserva la magnitud de las distancias horizontales.

Encontramos problemas similares en la cabecera de Santa María de Chinchilla. El crucero se cubre con una bóveda de cañón rematada con dos bóvedas de horno, de manera que la imposta viene dada por un rectángulo con dos semicírculos en los lados cortos. Esta figura recibe el nombre de *figura lenticular* en el tratado de geometría de Juan Pérez de Moya, un matemático leído con frecuencia por los arquitectos y canteros españoles del Renacimiento. Para construir la pieza, bastará realizar una bóveda de cañón, empleando dovelas semejantes a las de un arco de medio punto, y así está hecho en el cupulín de la antecapilla de Junterón de la catedral de Murcia. De esta manera, las juntas de lecho serán horizontales. Esto aconseja resolver las bóvedas de horno de los extremos invirtiendo el esquema de Jumilla; es decir, disponerlas como sendas mitades de bóvedas de naranja, con los paralelos o lechos en planos horizontales y los meridianos o *juntas* en un haz de planos verticales. Por el

contrario, en la bóveda de horno avenerada del presbiterio de la iglesia de Chinchilla se repite la solución de Jumilla, con las hiladas dispuestas en planos verticales, los meridianos en planos de un haz con eje horizontal, y una pieza polar en el encuentro de este eje con la superficie esférica, equivalente a la clave de una bóveda de naranja, que se resuelve con la charnela de la venera, como en muchos otros ejemplos del Renacimiento castellano. Esto nos indica que la disyuntiva entre charnela en la clave o charnela en la imposta, tantas veces señalada como motivo puramente formal, tiene importantes implicaciones estructurales y constructivas.

Además de los expuestos, la bóveda del crucero de Chinchilla plantea dos problemas complejos. Las hiladas inferiores, tratadas con casetones, se resuelven con una combinación de bóveda de cañón y de horno; para asegurar la trabazón de la pieza, es preciso romper juntas, disponiendo algunas dovelas de tal manera que tengan una porción en la bóveda de horno y otra en el cañón. Por el contrario, en las hiladas superiores de la bóveda, tratadas con gallones, no se establece una solución de continuidad entre cañón y bóvedas de horno; los gallones y las juntas se trazan radialmente, como en las bóvedas ovales, mientras que los lechos se trazan como *figuras lenticulares* compuestas por un rectángulo y dos semicírculos. No podemos ocuparnos aquí de estos problemas con detalle, por motivos de espacio; baste decir que no se tratan en los manuscritos españoles de cantería del siglo XVI y que probablemente se resolvían labrando las dovelas afectadas *por robos*, esto es, por medio de proyecciones ortogonales.

A primera vista, la sacristía de la catedral de Murcia, de planta cuadrada, se cubre con una bóveda rebajada tratada con gallones, con una gruesa láurea en la imposta, que descansa sobre pechinas lisas. Sin embargo, el levantamiento realizado por Miguel Ángel Alonso ha permitido determinar que el intradós de las pechinas y la cara exterior de los gallones forman parte de una misma superficie esférica. Por tanto, desde el punto de vista formal podemos hablar de la pechina y el casquete superior como dos entidades diferenciadas; en cambio, desde el punto de vista geométrico y constructivo se trata de una pieza unitaria, obtenida al cortar una semiesfera por los cuatro planos verticales que pasan por los lados de la estancia. Este tipo edificatorio aparece en la copia de Felipe Lázaro de Goiti del manuscrito de Alonso de Vandelvira como *Capilla cuadrada en vuelta redonda o capilla vaída*. La solución propuesta por Vandelvira corresponde en esencia a la ofrecida para las bóvedas esféricas; en realidad, las dovelas del casquete superior son idénticas a las dovelas de una bóveda de naranja, pues no les afecta el encuentro con los muros de la estancia. Sin embargo, ya vimos que en la bóveda de naranja Vandelvira se desinteresa por la longitud de las dovelas, diciendo que “las cerchas cerrarás por do quisieres”. En cambio, en la bóveda de la sacristía murciana es preciso controlar cuidadosamente esta largura, pues cada dovela ocupa exactamente el espacio entre dos gallones, y de no hacerlo así, el trazado de los gallones sería errático. Ahora bien, la propia presencia de los gallones nos da la solución al problema, pues ya vimos que Vandelvira recomendaba en la *Media naranja oval* tomar los anchos de los gallones del alzado. Aquí será más práctico hacerlo desde la planta; una simple cercha permitirá controlar al mismo tiempo el ancho del gallón y la longitud de la dovela.



Las pechinas plantean otros problemas. Es preciso cortar al bias las dovelas extremas de cada hilada, que se encuentran con los muros de la estancia. Para hacer esto, Vandelvira y otros autores, como Alonso de Guardia y Juan de Portor y Castro, recomiendan emplear el método de desarrollo de conos propuesto en la *Capilla redonda en vuelta redonda* y, a continuación, trazar la diagonal de la estancia, medir la distancia entre los encuentros de cada junta de lecho con la diagonal y los muros y trasladar esta distancia a las plantillas de intradós obtenidas por desarrollo de conos. El resultado no será exacto, pues se ha tomado la distancia entre dos puntos en la proyección horizontal de la junta de lecho, que la muestra en verdadera magnitud, y se ha llevado al desarrollo del intradós de la dovela. Ahora bien, el radio de la junta de lecho en el desarrollo corresponde a la longitud de la generatriz y es mayor que el radio real de la junta, como ocurre siempre en los desarrollos de conos. Como consecuencia, la longitud de la dovela obtenida por el método de Vandelvira será ligeramente inferior a la real. Sin embargo, en la gran mayoría de los casos, incluyendo la sacristía de Murcia, el error será muy pequeño, por lo que podrá quedar absorbido por el espesor del mortero de las juntas entre dovelas.

También plantea un problema interesante el arco formero. De acuerdo con Vandelvira, “Los moldes de los arcos se han de sacar con la tirantez que corta la línea diagonal por manera que las dovelas que cargan encima hallen adonde cargar, que correspondan con el mismo baivel que ellas van labradas”. Dicho en términos actuales, es preciso dar un perfil achaflanado al formero, para conseguir que su cara superior corresponda a la normal a la superficie de intradós de la bóveda, que quedará materializada en los lechos de las dovelas por la acción del baivel. Para conseguir esto, Vandelvira propone tomar de la imposta del arco la plantilla de lecho de la dovela del formero y trazar su lado superior con la dirección de la diagonal de la estancia, que en este caso forma cuarenta y cinco grados con el lado de la sacristía. También forma cuarenta y cinco grados con la horizontal el radio de la semiesfera de intradós de la bóveda en la clave de los formeros, por lo que el perfil del formero corresponderá a la normal a la superficie de intradós de la bóveda en este punto. Por otra parte, el conjunto de formero y bóveda presenta simetría radial respecto al eje de revolución del formero, lo que permite asegurar que ocurre lo mismo para cualquier punto del formateo y garantiza el correcto apoyo de la bóveda sobre el arco.

El presbiterio de la iglesia de Santiago de Orihuela se cubre con una bóveda muy diferente, a primera vista, de la que cierra la sacristía murciana. Una serie de potentes baquetones dibujan un cuadrado en su intradós, y dentro de éste se alojan otros cuadrados menores. El resultado se asemeja a la *Capilla cruzada* del manuscrito de Alonso de Vandelvira y a su modelo construido, la capilla mayor de San Francisco de Baeza. Ahora bien, la particularidad de la *Capilla cruzada* se centra en la decoración; desde el punto de vista constructivo y geométrico las bóvedas de Baeza y Orihuela se inscriben en el tipo denominado por Vandelvira *Capilla cuadrada en vuelta cuadrada*. Se trata de una bóveda de intradós esférico que cubre una estancia de planta cuadrada, como en la bóveda de la sacristía, pero aquí no se emplean meridianos para despiezar la bóveda; por el contrario, tanto los lechos como las juntas entre dovelas de la misma hilada se obtienen cortando la superficie esférica por dos familias de planos verticales paralelos entre sí. Es decir, en lugar de

meridianos en planos verticales y paralelos horizontales, tenemos dos series de paralelos dispuestas en planos verticales. Todos estos rasgos se pueden apreciar con facilidad en una bóveda en la torre de El Salvador de Caravaca, de intradós desnudo, lo que le permite mostrar con claridad el despiece de las dovelas.

Centrándonos en esta última pieza, y dejando aparte algunas particularidades de la cabecera oriolana que no podemos tratar aquí, el método expuesto por Vandelvira para la solución del problema deriva una vez más de la *Capilla redonda en vuelta redonda*. Ahora bien, aquí las juntas de lecho se obtienen al cortar el intradós de la bóveda por planos verticales; si hacemos pasar un cono por dos juntas de lecho sucesivas, el cono tendrá el eje en una recta horizontal que pasa por el centro de la esfera de intradós de la bóveda. Cada uno de estos conos nos dará una serie de dovelas dispuestas en un plano vertical paralelo a un lado de la estancia; para cerrar la hilada será necesario disponer otras tres series de dovelas paralelas a los otros tres lados de la estancia, que dibujarán una figura similar a un cuadrado, aunque en rigor no sea coplanaria; de ahí el nombre de la *traza*. Todo esto permite aplicar el método de desarrollo de conos visto hasta ahora, a condición de comenzar desde la planta; por supuesto, bastará trazar una plantilla para un lado de cada hilada, que se puede aplicar a los demás lados por simetría radial. Aquí no existe una junta de lecho que toque en las claves de los formeros, y por tanto no se plantea el problema de la pechina. Sin embargo, aparece un problema similar en las dovelas de las diagonales, que han de estar a caballo de dos lados del *cuadrado*; de lo contrario, aparecerá una junta continua en la diagonal, en contra de la lógica constructiva. Vandelvira el problema irresoluble del desarrollo del intradós de esta dovela de una manera aproximada. En primer lugar, toma la distancia entre dos paralelos, medida a lo largo del círculo máximo que corresponde al plano vertical que pasa por la diagonal de la estancia. A continuación, traza una línea vertical con esta longitud que hará de eje de simetría de la plantilla. Con centro en el extremo superior de esta línea, traza un círculo que tiene por radio la distancia entre dos paralelos, y coloca la cercha del paralelo exterior de manera que pase por el extremo inferior del eje de la plantilla y sea tangente al círculo que acaba de trazar; hecho esto, coloca la cercha del paralelo superior de manera que sea aproximadamente concéntrica a la cercha anterior y pase por el extremo superior del eje de la plantilla, no sin recordar que “podrás despezar estas piedras por do quisieres”, como en la *Capilla redonda en vuelta redonda*.

Todas las bóvedas que hemos tratado hasta ahora se resuelven por piezas enterizas, sin distinción entre nervios y plementería. En cierto modo, esto es una particularidad de la cantería renacentista murciana. En Sevilla o Granada, con la excepción del palacio de Carlos V, son por el contrario frecuentes las bóvedas *por cruceros*, piezas de trazado clásico que se resuelven mediante una red de nervios sobre la que apoya una plementería. Aunque esta técnica es menos frecuente en el ámbito murciano, existen algunos ejemplos de este método constructivo, como la bóveda del presbiterio de El Salvador de Caravaca. Se trata de una bóveda vaída por hiladas cuadradas, como en Orihuela, y además *perlongada*, es decir, dispuesta sobre un área rectangular. Esta última circunstancia cambia en mucho las cosas. Al cortar la semiesfera por planos verticales obtendremos círculos menores, como en otros casos, pero ahora estos círculos no serán todos del mismo diámetro, como es obvio; los arcos formeros de los lados cor-



tos, en este caso los muros laterales del presbiterio, han de tener menor luz que el del muro de cierre y el arco de comunicación con la nave de la iglesia. Como consecuencia, no se puede reutilizar el trazado de los lados largos para los lados cortos, sino que será necesario repetirlo; esto es lo que lleva a los textos de cantería a diferenciar las bóvedas *perlongadas* de las que no lo son.

También plantea problemas nuevos la construcción *por cruceros*. En primer lugar, será preciso despiezar toda la red de nervios cortando cada nervio por los puntos intermedios entre dos nodos sucesivos de la red. Cada una de las piezas que resultan de esta división se denominan *crucetas*, pues tienen la forma de una pequeña cruz con el centro en un nodo y los cuatro extremos en puntos medios de tramos entre nodos. Podemos desarrollar el intradós de un nervio asimilándolo a un cono, como hemos hecho hasta ahora, y dividirlo por los puntos intermedios entre nodos, pero esto sólo nos dará los dos brazos de cada *cruceta* que corresponden al nervio que hemos desarrollado. Para situar los extremos de los otros dos brazos, situados en el otro nervio, podemos determinar sus distancias al punto central de la *cruceta* o a los dos extremos conocidos hasta ahora. En general estas distancias no se podrán medir directamente en planta ni en alzado; Vandelvira recomienda calcularlas por triangulación. Para ello, traza los nervios en alzado, lo que le permite conocer la diferencia de cotas entre dos puntos; formando un triángulo rectángulo con esta diferencia de cotas y la distancia horizontal entre los dos puntos, podremos conocer su distancia en verdadera magnitud. Hecho esto, podremos determinar la posición de los dos extremos de la *cruceta* correspondientes al segundo nervio en función de sus distancias al centro o a los otros dos extremos. Llegados a este punto, conocemos tres puntos del eje del segundo nervio, el centro y los dos extremos. Podemos unirlos con un arco de circunferencia y trazar otros dos arcos con el mismo centro que nos darán el ancho del brazo perpendicular de la *cruceta*, con lo que podemos dar por terminado el desarrollo de su plantilla de intradós; esto nos permitirá labrarla con ayuda de la cercha y el baivel, puesto que, al fin y al cabo, se trata de un fragmento de bóveda esférica.

Hemos visto hasta ahora que Alonso de Vandelvira ofrece varias soluciones para resolver el problema de la estancia cuadrada cubierta con una bóveda esférica. En la primera de ellas, *por hiladas redondas*, la superficie esférica se divide por paralelos y meridianos; en cambio, en la segunda se emplean para este fin dos familias de planos verticales paralelos a los lados de la estancia. Todavía encontramos una tercera solución en el manuscrito de Vandelvira: en la *Capilla cuadrada por hiladas cuadradas diferentes* o la *Capilla enrejada*, la superficie se divide por dos familias de planos verticales paralelos a las diagonales de la estancia. Estos tres tipos básicos se combinan en una pieza más que notable, la bóveda que cubre la estancia dispuesta en el interior del segundo cuerpo de la torre de la catedral de Murcia, destinada a archivo catedralicio. Cuatro nervios unen las claves de los formeros, dibujando un primer cuadrado; a su vez, los puntos medios de los lados de este cuadrado quedan unidos por otros cuatro nervios que forman un segundo cuadrado inscrito en el anterior; por si esto fuera poco, los espacios entre nervios se cierran con una plementería excepcionalmente cuidada, tratada con anillos; en el paño central de esta plementería se abre un hueco, decorado con gallones y un róleo.

Como hemos venido viendo, las bóvedas renacentistas construidas en el obispado de Cartagena no responden nunca literalmente a las soluciones de Vandelvira; siempre presentan detalles que no se explican en el *Libro de trazas de cortes de piedras*, como el apoyo de las bóvedas laterales de Jumilla o el presbiterio de Chinchilla en los arcos formeros, la bóveda *lenticular* del crucero de Chinchilla, el preciso reparto de las dovelas de la bóveda de la sacristía catedralicia, o las soluciones singulares de los apoyos del presbiterio del Salvador de Orihuela. Aún más evidente es la diferencia entre la solución empleada en la bóveda del archivo y los métodos de Vandelvira. El levantamiento realizado por Miguel Ángel Alonso ha permitido determinar que los nervios de la bóveda del archivo no se disponen en planos verticales, como hace siempre Vandelvira, sino en planos diametrales inclinados. Como consecuencia, la proyección plana de los ejes de los nervios no vendrá dada por una recta, como se ha reflejado en levantamientos anteriores, sino por un arco de elipse. Esta decisión simplifica notablemente la labra de la pieza ordinaria del nervio, que será una simple dovela de arco de medio punto, a costa de dificultar el trazado de las piezas de unión entre nervios.

Aún así, se pueden emplear en estas piezas las técnicas de trazado que hemos comentado en el apartado anterior. En primer lugar será necesario trazar los nervios en planta, con ayuda de dos secciones, una por un plano paralelo a los muros de la estancia y otra por un plano paralelo a su diagonal. Ya hemos dicho que las proyecciones horizontales de los nervios serán arcos de elipse. Los canteros renacentistas conocían métodos para trazar estas curvas, como atestigua el tratado de Philibert de L'Orme o los cuadernos de Hernán Ruiz, Alonso de Vandelvira o Ginés Martínez de Aranda. Ahora bien, es muy probable que los arcos de elipse de la bóveda del archivo se aproximaran a arcos de circunferencia, dado que esta operación también es frecuente en los mismos manuscritos y que el error introducido por esta simplificación en la pieza murciana es del orden de tres milímetros. Una vez hecho esto, el cantero puede obtener las plantillas de las piezas de unión, que ya no serán *crucetas*, por un procedimiento similar al que hemos expuesto para la bóveda *por cruceros* de Caravaca; puede tomar diferencias de cotas de dos alzados paralelos a los muros de la estancia y a su diagonal y distancias horizontales de la planta, formar triángulos rectángulos para calcular las distancias entre los extremos de las piezas de unión, construir plantillas de intradós, y emplearlas para labrar estas piezas con ayuda de una cercha y un baivel.

La estancia interior de la capilla funeraria de Gil Rodríguez de Junterón en la catedral de Murcia tiene planta de *figura lenticular*, es decir, un rectángulo rematado por dos semicírculos, como la imposta de la bóveda del crucero de Chinchilla. Sin embargo, la solución empleada en su cubrición es bien diferente, pues no se cubre con un cañón rematado por dos cuartos de esfera, sino por una bóveda de intradós tórico. Dicho de otra forma, la pieza queda definida por la superficie de revolución generada por uno de los semicírculos de impostas al girar alrededor del un eje transversal a la estancia situado a la altura del arranque de la bóveda. La pieza goza de un prestigio excepcional en la cantería española. Alonso de Vandelvira la hace arquetipo de las bóvedas de su clase, a las que denomina *Bóveda de Murcia*; este privilegio sólo se concede a la *Trompa de Montpellier*, el *Ochavo de la Guardia*, la *Capilla de Cuenca*, el *Caracol de Mallorca* y la pieza murciana. Aún más allá va Felipe Lázaro de Goiti, que





dispone en el frontispicio de su copia del texto de Vandelvira dos trazas, a modo de emblemas de los dos métodos básicos de la cantería, el de *robos* o proyecciones ortogonales y el de *plantas* o plantillas; pues bien, la traza que representa a la labra *por plantas*, el método canónico de la cantería española y francesa, es la *Bóveda de Murcia*.

Vandelvira ofrece dos soluciones al problema, la *Bóveda de Murcia* propiamente dicha y la *Bóveda de Murcia por cruceros*. Ahora bien, en el obispado de Cartagena se prefiere la solución por piezas enterizas; incluso en las bóvedas que cubren los nichos laterales del presbiterio de Santiago de Orihuela, tratadas con casetones, que hubieran propiciado la solución *por cruceros*, los nervios son puramente decorativos. De acuerdo con Vandelvira, la *Bóveda de Murcia* propiamente dicha se puede resolver, una vez más, por desarrollo de conos. Para esto, será necesario repartir el dovelaje mediante una serie de planos verticales paralelos a los lados largos de la estancia y un haz de planos que tiene por recta común el eje de revolución de la bóveda. Hecho esto, el cantero puede trazar una serie de conos que pasan por dos paralelos sucesivos, como en la *Capilla redonda en vuelta redonda*, si bien aquí los conos tendrán sus vértices en el eje de revolución de la bóveda, que es una recta horizontal. A continuación, puede obtener las plantillas de intradós de cada sección de la bóveda; dado que Vandelvira remite a la *Capilla redonda en vuelta redonda*, hay que entender que el cantero puede “cerrar las cerchas por do quisieres”, lo que implica renunciar a controlar exactamente la longitud de la dovela. Ahora bien, existe una diferencia significativa entre el modelo general propuesto por Vandelvira y la realización concreta de la bóveda murciana. Vandelvira dibuja una red continua de paralelos y meridianos, “para si quisieres echarles algunos artesones en las dovelas”. Esta disposición no es la más recomendable desde el punto de vista constructivo, pues no rompe la continuidad de las juntas ni en la dirección de los paralelos ni en la de los meridianos. Vandelvira es consciente de ello y advierte al lector que “Si quisieres que vayan haciendo ligazones harás unas piedras más largas que las otras”.

Esta última es la disposición que se emplea en la bóveda murciana, aunque la exuberante decoración del intradós oculta las *juntas*, y hasta hace poco no se ha podido analizar el trazado de estas comisuras. El levantamiento fotogramétrico realizado por Miguel Ángel Alonso y Ana López Mozo ha permitido determinar que en la construcción de la bóveda se empleó un recurso tan simple como ingenioso, como ocurre muchas veces en cantería. Se mantiene la continuidad de los meridianos, que hacen el oficio de lechos; por el contrario, las juntas entre dovelas de la misma hilada, que siguen los meridianos, se trazan de forma asimétrica. Esto permite invertir el despiece en la hilada siguiente y romper juntas, reutilizando las plantillas de la hilada anterior sin más que darles la vuelta. Como consecuencia, se resuelve el problema constructivo sin emplear más que cuatro plantillas diferentes. Por supuesto, esta circunstancia aconseja no remarcar estas juntas, lo que beneficia a la composición general de la capilla, pues permite mantener el énfasis en las juntas radiales, que dirigen la atención al *Paraíso* y la *Adoración de los Pastores*.

Aún así, la disposición elegida plantea otro problema. El método de desarrollo de conos expuesto por Vandelvira permite controlar la longitud a lo largo de los meridianos, que corresponden a las generatrices del cono, pero no a lo largo de los paralelos, que corresponden

a las directrices: por eso dice Vandelvira que “las cerchas cerrarás por do quisieres”. Ahora bien, en la bóveda de Junterón es esencial controlar la longitud de la dovela en el sentido de los paralelos o *juntas*, pues si no se hace, la dovela invadirá la hilada superior, rompiendo la continuidad de los meridianos o lechos; y ya hemos visto que esta continuidad es fundamental, no sólo por razones constructivas, sino también compositivas. El problema se puede resolver con facilidad empleando una cercha, como ya vimos al tratar de la sacristía, pero es significativo que Vandelvira no lo mencione en absoluto.

La antesacristía de la catedral de Murcia se cubre con una bóveda muy singular. Una junta de lecho de trazado en espiral la recorre, pero no podemos decir que la divide; hablando estrictamente, estamos ante una bóveda de una sola hilada, como ha señalado Enrique Rabasa. Esta larguísima hilada sólo queda cortada por juntas entre dovelas, trazadas de tal manera que las longitudes de las piezas sean aproximadamente iguales. Dado que los desarrollos de las espiras son diferentes, no siempre se aproximan a un múltiplo de la longitud de la dovela; como consecuencia, en algunas ocasiones se rompe claramente la continuidad entre juntas, pero en otras no. Para añadir otro detalle insólito, la bóveda no tiene clave propiamente dicha; una pieza ordinaria de la hilada única desempeña este papel.

Aunque parezca sorprendente, este singular tipo de bóveda está representado ampliamente en los tratados y manuscritos de cantería, en especial los franceses. Philibert de L'Orme ofrece una *voûte en forme d'une coquille de limaçon* que se repetirá más o menos literalmente en el cuaderno de Jean Cheréau y en el tratado latino de Milliet-Deschales; a través de este último, el modelo llega o vuelve a España a través del padre Tosca y Juan de Portor y Castro. Dado que no se han hallado hasta el momento bóvedas de este tipo en suelo francés, y que la bóveda de la antesacristía murciana es anterior al tratado de De L'Orme, podemos estar ante un caso de influencia de la cantería española en Francia. Ahora bien, todos estos textos trazan directamente la espiral en planta, manteniendo el ancho de espira constante, y a continuación la proyectan sobre la superficie esférica. La idea no es acertada, puesto que da lugar a un alto excesivo de la primera espira. Philibert corta por lo sano, y divide la primera hilada en dos, sin molestarse en explicar, ni en el texto ni en el dibujo, dónde y cómo se resuelve la transición entre la espira doble y la simple.

Más realista es el método propuesto por Alonso de Vandelvira, que divide la sección de un cuadrante de bóveda en tantas partes como espiras ha de tener la junta de lecho. A continuación reparte de nuevo cada una de estas divisiones en dieciséis porciones, y lleva estos puntos de división a la planta de la bóveda, que también ha dividido en dieciséis sectores. Esto le permite trazar la espiral en planta de tal manera que la distancia entre espiras se mantenga constante a lo largo de la sección de la bóveda, y no de la planta, evitando los problemas que se encontraba De L'Orme. Al mismo tiempo, la construcción le permite obtener las plantillas de intradós de las dovelas, puesto que la división de la sección le facilita las cotas de todos sus vértices. Por tanto, puede formar triángulos rectángulos con la distancia horizontal entre dos vértices y su diferencia de cotas. Partiendo del lado inferior de la plantilla de intradós, y aplicando este método a un lado de la plantilla y la diagonal que arranca del otro extremo de la base, puede situar uno de los extremos del lado superior de la plantilla. Repitiendo la operación para el otro extremo,



podrá cerrar la plantilla de intradós, sin emplear la longitud del lado superior. La construcción no es exacta, pues los lados de la plantilla son cuerdas del semicírculo que representa la sección de la bóveda tomadas a alturas distintas, y también encontrarán a alturas distintas el eje de la bóveda. Como consecuencia, el cuadrilátero definido por los vértices de la plantilla de intradós será alabeado, y no se podrá desarrollar exactamente en un plano, y la longitud de la arista superior de la plantilla quedará falseada; ahora bien, dado el alto número de divisiones, el error cometido no tendrá trascendencia práctica.

Una vez más, encontramos que la bóveda murciana corresponde a grandes líneas con el modelo expuesto en el *Libro de trazas de cortes de piedras*, pero algunos detalles significativos difieren de una a otra. En la solución de Vandelvira cada espira queda dividida en dieciséis dovelas, de manera que las juntas coincidan con las divisiones empleadas para trazar la espiral en planta. Esto le permite emplear estas divisiones para conocer las diferencias de cotas entre los vértices de las dovelas, pero a cambio condiciona la longitud de las dovelas y le lleva a adoptar una dovela muy larga en la primera espira y otra muy corta junto a la clave. Por el contrario, en la bóveda murciana la longitud de la dovela es aproximadamente constante, con lo que el tracista no dispone del apoyo que las divisiones de Vandelvira le ofrecían para determinar diferencias de cotas entre vértices de las dovelas. Cabe pensar que las longitudes de las aristas laterales son conocidas, pues corresponden a la ascensión del punto que genera la espiral al recorrer una espira, o paso de la hélice esférica, que es constante. Por el contrario, no es fácil determinar la diferencia de cotas entre los dos extremos de la arista inferior sin entrar en el espinoso problema de la rectificación de la circunferencia. Vandelvira podría resolver este problema con facilidad, pues la diferencia de cotas corresponde a una de sus divisiones, pero no dice nada sobre él y parece identificar la longitud de la arista inferior con su proyección horizontal; podemos entender que en la bóveda murciana se empleó esta simplificación. Por otra parte, la longitud de las diagonales puede obtenerse formando un triángulo rectángulo con su proyección horizontal y la diferencia de cotas entre sus extremos, que se puede tomar sin dificultad del alzado.

La semejanza entre algunas de las bóvedas que acabamos de tratar y los modelos propuestos por Alonso de Vandelvira ha llevado a algunos estudiosos a especular, más o menos abiertamente, acerca de una intervención de Andrés de Vandelvira, directa o indirecta, en el grupo de bóvedas al que nos venimos refiriendo. Ahora bien, varios detalles sugieren una influencia en sentido opuesto. En primer lugar, la coautoría de Andrés de Vandelvira en el *Libro de trazas de cortes de piedras*, postulada por algunos autores, sólo se sustenta en una frase del prólogo de Goiti en la copia de la Biblioteca Nacional. Hemos demostrado en otro lugar que las dimensiones del dibujo de la *Bóveda de Murcia* en la copia de Goiti y en el código más antiguo de la Escuela de Arquitectura coinciden al milímetro, pero el análisis de los trazos en blanco y las marcas de compás en uno y otro manuscrito indica que el trazado de la Escuela está construido directamente sobre el papel, mientras que el dibujo de Goiti está calcado o transportado desde otro dibujo de las mismas dimensiones, probablemente el de la Escuela, que estuvo en manos de, o al menos asociado a Bartolomé de Zumbigo y Salcedo, sucesor de Goiti en la maestría mayor de la catedral de Toledo. Por tanto, si Goiti copió desde el manuscrito de la Escuela, o desde otro de la misma tradi-

ción, y el manuscrito de la Escuela no hace mención a la coautoría de Andrés, hemos de concluir que la alusión a Andrés es de la cosecha propia de Goiti y considerar a Alonso como autor único del *Libro de trazas de cortes de piedras*.

En segundo lugar, ya señaló en su momento Cristina Gutiérrez-Cortines que no se podía considerar a Andrés de Vandelvira como autor de la capilla de Junterón, puesto que el maestro de Alcaraz comenzó a trabajar como verdadero arquitecto, es decir, como diseñador y no sólo como constructor, a partir de la realización de la sacristía de El Salvador de Úbeda, hacia 1540 y en ese momento al construcción de la capilla estaba bastante avanzada. En este sentido, se puede añadir que según la misma autora, Vandelvira contrata en 1537 la iglesia de Orcera, pero los visitantes de la Orden, disconformes con las trazas que seguía Vandelvira, realizadas por otro cantero, encargan un nuevo proyecto a Quijano y a Francisco de Luna, suegro de Vandelvira. Por tanto, los documentos colocan en ese momento a Quijano y Luna en un plano de igualdad, con Vandelvira en un escalón inferior.

En tercer lugar, ya hemos dicho que muchas de las bóvedas murcianas que hemos venido tratando recuerdan a grandes rasgos los tipos incluidos en el *Libro de trazas de cortes de piedras*; sin embargo, llama la atención que Vandelvira no se refiera en ningún momento a algunos detalles aparentemente menores de las obras murcianas, como la medida de los anchos de las dovelas en la sacristía de la catedral o en la *recapilla* de Junterón, el ancho constante de las dovelas de la bóveda espiral de la antesacristía o el apoyo de las bóvedas de horno de Jumilla en los arcos torales, que a la postre resultan esenciales para la correcta realización de estas piezas. Todo esto hace pensar que Alonso de Vandelvira tuvo noticia de las bóvedas murcianas, bien directamente o a través de su padre, pero ni uno ni otro participaron en su construcción ni conocieron los últimos detalles de su ejecución; si Alonso de Vandelvira se decidió a incluirlas en su manuscrito, fue por considerarlas, como otros ejemplos en las catedrales de Cuenca, Sevilla o Granada, o el palacio de Carlos V de esta ciudad, ejemplos de lo mejor que podía ofrecer la cantería del Renacimiento hispánico.

#### REFERENCIAS

- CHERÉAU, JEAN, *Livre d'Architecture*, c. 1567-1574. (Gdansk, Biblioteca Municipal. Ms. 2280).
- CHUECA GOITIA, FERNANDO, *Historia de la Arquitectura Española*, Madrid, Dossat, 1965.
- DERAND, P. FRANÇOIS, *L'Architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes*, París, Sébastien Cramoisy, 1643.
- GARCÍA-SAÚCO BELÉNDEZ, LUIS GUILLERMO, JOSÉ SÁNCHEZ FERRER Y ALFONSO SANTAMARÍA CONDE, *Arquitectura en la provincia de Albacete*, Toledo, Junta de Comunidades, 1999.
- GUARDIA, ALONSO DE, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, c. 1600. (Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori ...*, Libro II, Venecia, 1566. Madrid, Biblioteca Nacional, ER/4196.)
- GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, CRISTINA, *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena*, Murcia, Consejería de Cultura, 1987.
- HOAG, JOHN D., *Rodrigo Gil de Hontanón: His work and writings. Late*



- medieval and Renaissance architecture in Sixteenth century Spain*, tesis doctoral, Yale University, 1958. (Tr. esp. parcial de Pilar Navascués, revisada por el autor, *Rodrigo Gil de Hontañón. Gótico y Renacimiento en la arquitectura española del siglo XVI*, Madrid, Xarait, 1985).
- L'ORME, PHILIBERT DE, *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567.
- L'ORME, PHILIBERT DE, *Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais*, París, Federic Morel, 1561. (Ed. facsimilar de la príncipe París, Léonce Laget, 1988).
- MARTÍNEZ DE ARANDA, GINÉS, *Cerramientos y trazas de monte*, c. 1600. (Ms. Servicio Histórico del Ejército, Madrid. Ed. facsimilar Madrid, Servicio Histórico del Ejército - CEHOPU, 1986).
- MILLIET-DECHALES, P. CLAUDE FRANÇOIS, *Cursus seu mundus mathematicus*, Lyon, Anisson, 1674. (Incluye Tractatus XIV "De Lapidum Sectione").
- NAVARRO MALLEBRERA, RAFAEL, E INMACULADA VIDAL BERNABÉ, "Arte", en *Historia de la provincia de Alicante*, Murcia, Mediterráneo, 1985.
- PALACIOS GONZALO, JOSÉ CARLOS, "La estereotomía de la esfera", *Arquitectura*, 267, 1987, pp. 54-65.
- PALACIOS GONZALO, JOSÉ CARLOS, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*, Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1990.
- PÉREZ DE MOYA, JUAN, *Tratado de Geometria Practica ...* Alcalá de Henares, Juan Gracián, 1573.
- PÉROUSE DE MONTCLOS, JEAN-MARIE, *L'Architecture a la française*, París, Picard, 1982.
- PORTOR Y CASTRO, JUAN DE, *Cuaderno de arquitectura*, 1708. (Madrid, Biblioteca Nacional, Ms. 9114).
- POTIÉ, PHILIPPE, *Philibert de L'Orme. Figures de la pensée constructive*, Marsella, Parenthèses, 1996.
- RABASA DÍAZ, ENRIQUE, "Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI", en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996, pp. 423-433.
- RABASA DÍAZ, ENRIQUE, *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*, Madrid, Akal, 2000.
- RABASA DÍAZ, ENRIQUE, "The single coursed ashlar vault", en Santiago Huerta, ed., *Proceedings of the First International Congress on Construction History*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 2003, pp. 1679-1689.
- RUIZ DE LA ROSA, JOSÉ ANTONIO Y JUAN CLEMENTE RODRÍGUEZ ESTÉVEZ, "Capilla redonda en vuelta redonda' (sic): Aplicación de una propuesta teórica renacentista para la catedral de Sevilla", en *IX Congreso Internacional Expresión Gráfica Arquitectónica*. Revisión: Enfoques en docencia e investigación, Universidad de A Coruña, 2002, pp. 479-486.
- RUIZ EL JOVEN, HERNÁN, *Libro de Arquitectura*, 1550. (Edición facsimilar, Sevilla, Fundación Sevillana de Electricidad, 1998, con transcripción de los textos por Consuelo Álvarez).
- TOSCA, P. THOMAS VICENTE, *Compendio mathemático, en que se contienen todas las materias más principales de las Ciencias, que tratan de la cantidad....*, Valencia, Antonio Bordazar - Vicente Cabrera, 1707-1715. (1ª ed., Tomos I al III, Antonio Bordazar, 1707-1710; tomos IV al IX, 1712-1715, Vicente Cabrera. 2ª ed., Madrid, Antonio Marín, 1727.

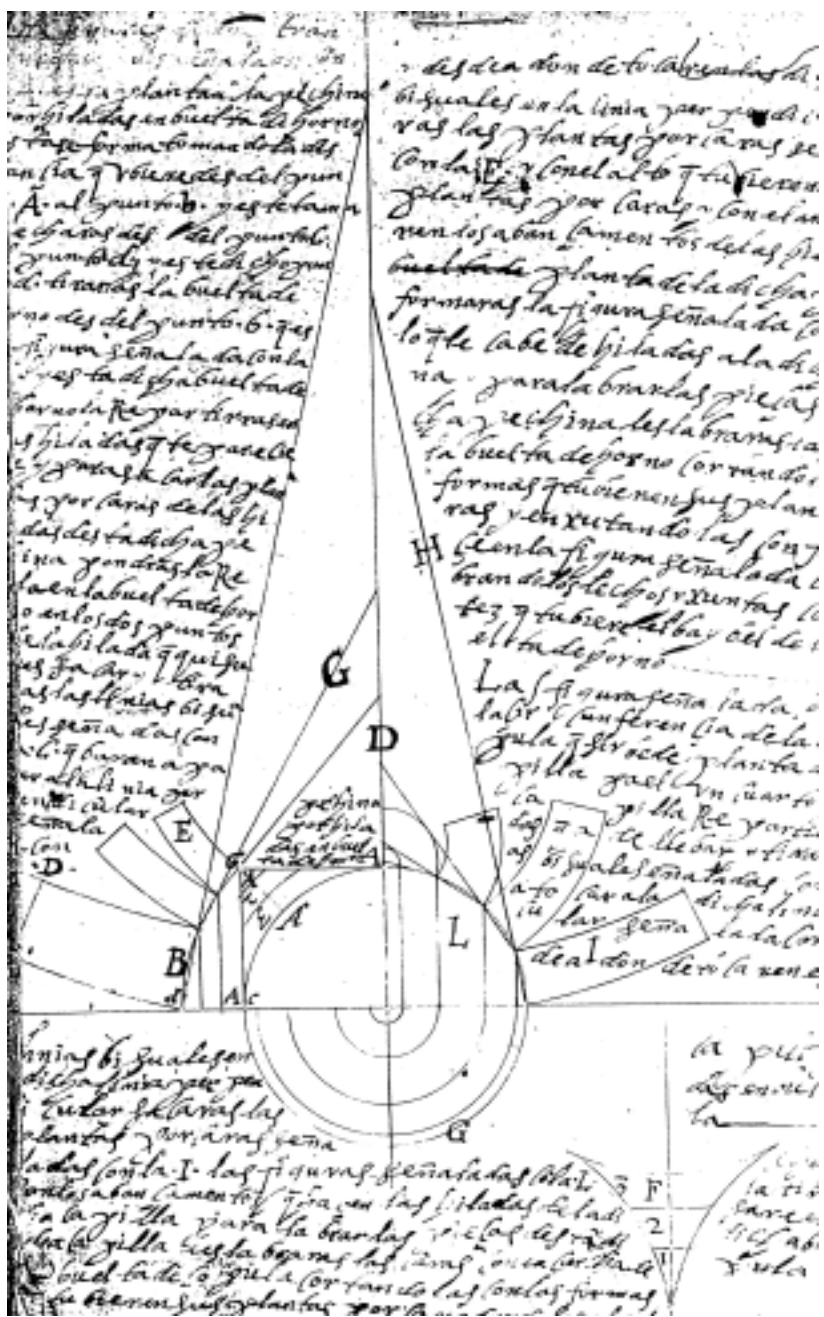
3ª ed., Valencia, Joseph García, 1757. Ed. del tomo I, Valencia, Hermanos Orga, 1794. Ed. de los tomos V y IX como Tratados de Arquitectura civil, monte y cantería, y relojes, Valencia, Hermanos Orga, 1794. Ed. facsimilar de los Tratados de Arquitectura civil ..., Valencia, Librería París-Valencia, 1992).

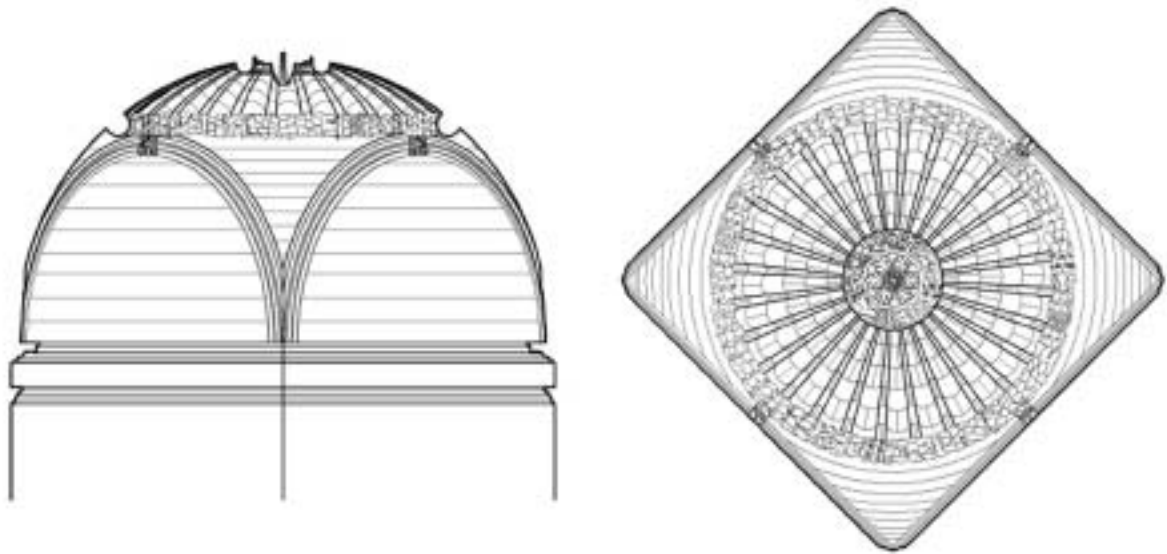
VANDELVIRA, ALONSO DE, *Libro de Traças de cortes de Piedras, c. 1575-1591*. (Copias en Madrid, Biblioteca de la Escuela de Arquitectura, y Biblioteca Nacional, por Felipe Lázaro de Goiti. Ed. facsimilar de la copia de la Escuela, Tratado de arquitectura, Albacete, Caja Provincial de Ahorros, 1977; incluye transcripción y prólogo de Geneviève Barbé-Coquelin de Lisle).

VERA BOTÍ, ALFREDO, *La Torre de la Catedral de Murcia. De la teoría a los resultados*, Murcia, Academia Alfonso X, 1993.

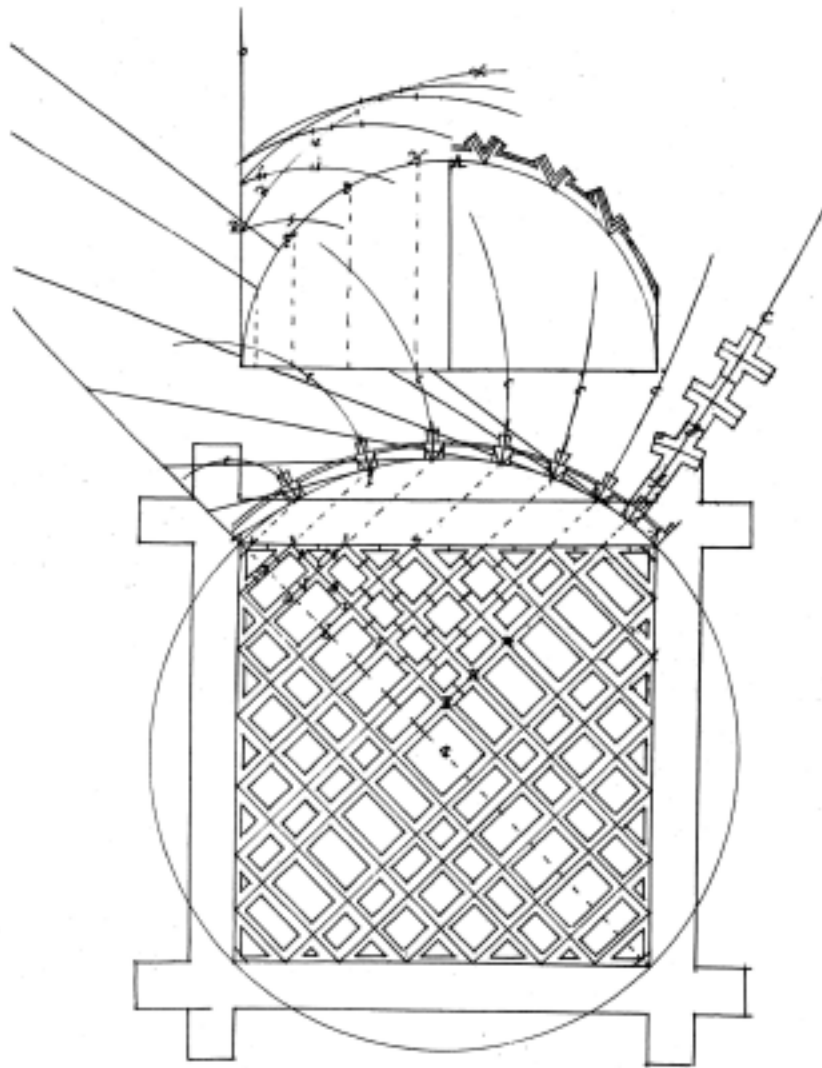
VERA BOTÍ, ALFREDO ET. AL., *La catedral de Murcia y su Plan Director*, Murcia, Colegio de Arquitectos, 1994.

Bóveda semiesférica sobre pechinas o *Pechina por hiladas en vuelta de horno*. Alonso de Guardia, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, c. 1600.

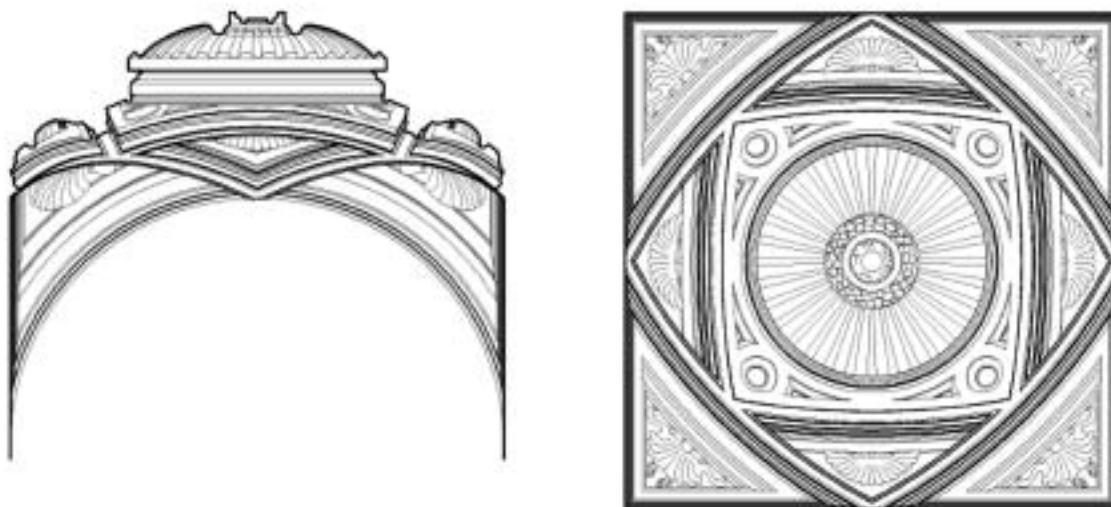




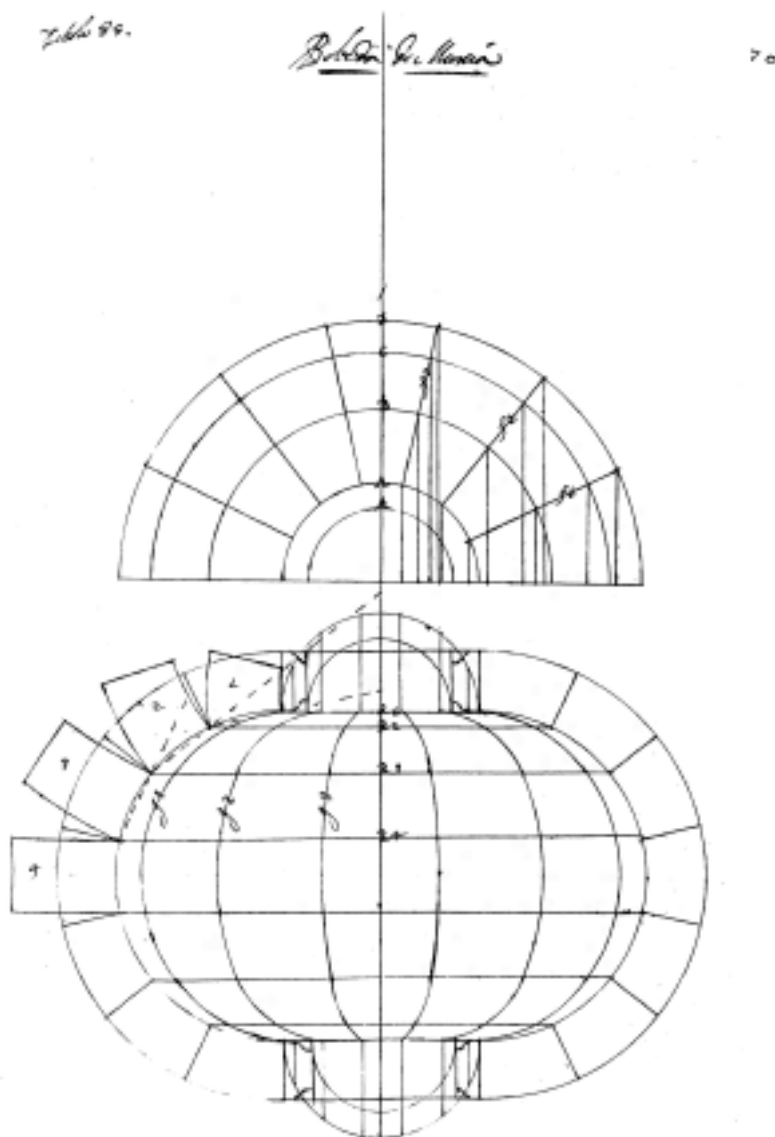
Bóveda de la sacristía de la catedral de Murcia. Levantamiento de Miguel Ángel Alonso Rodríguez.



Bóveda vaída nervada o *Capilla enrejada*. Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1580.

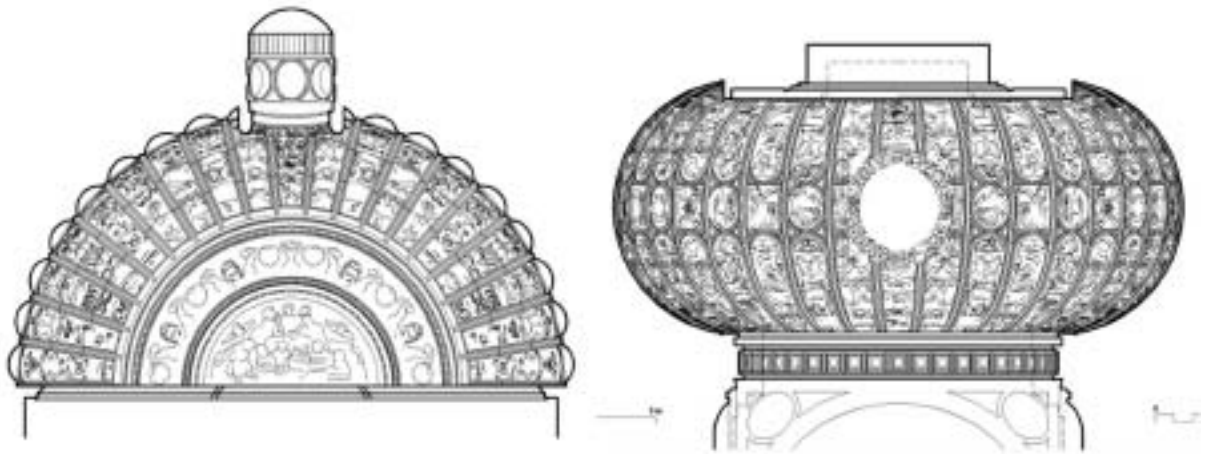


Bóveda del segundo cuerpo de la torre de la catedral de Murcia. Levantamiento de Miguel Ángel Alonso Rodríguez.

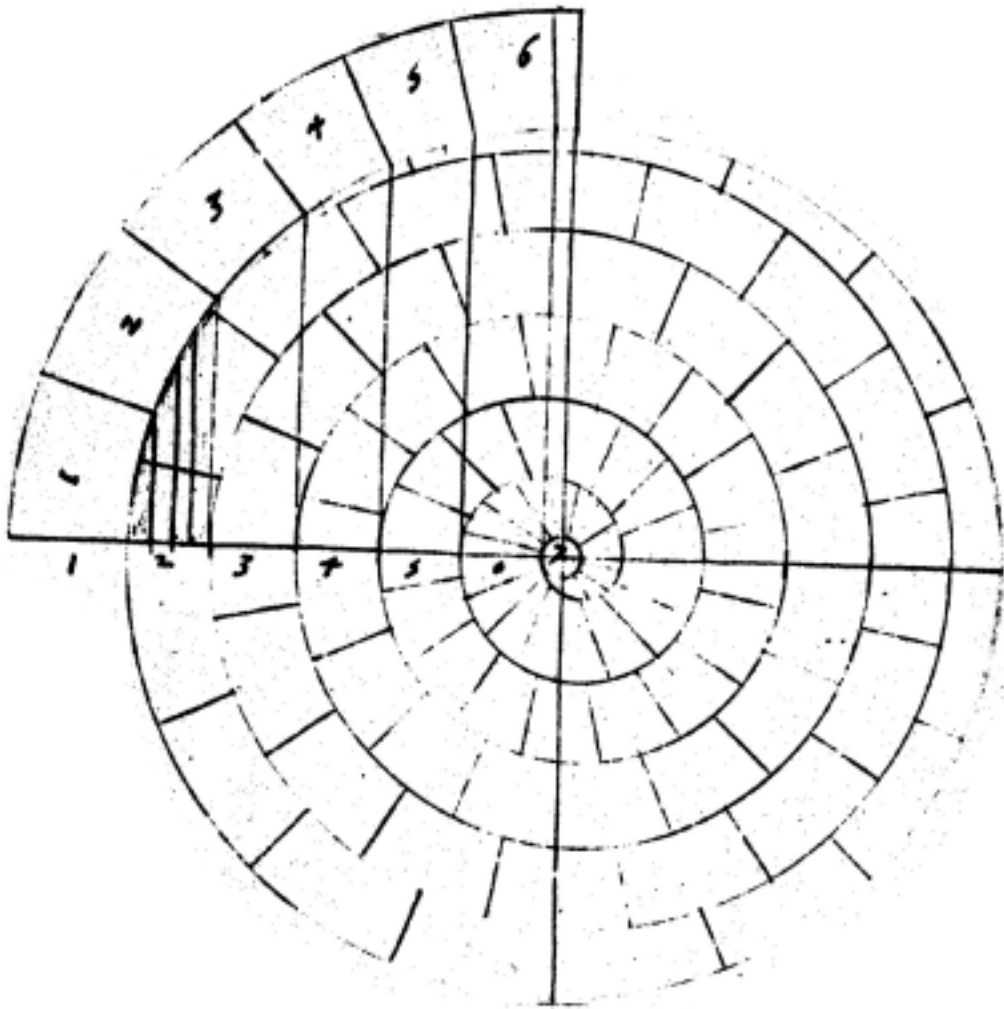


Bóveda tórica o Bóveda de Murcia. Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1580.

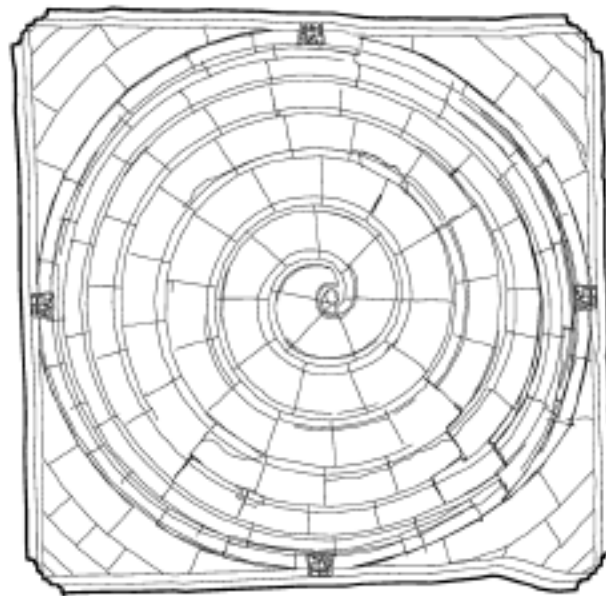
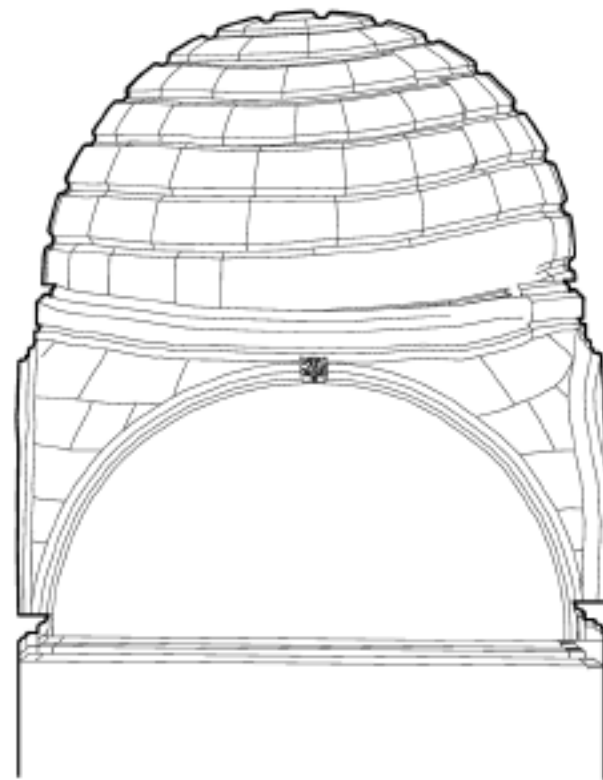




Bóveda de la *recapilla* de Gil Rodríguez de Junterón en la catedral de Murcia. Levantamiento de Miguel Ángel Alonso Rodríguez y Ana López Mozo.



Bóveda en espiral o *Voute en forme d'un coquille de limaçon*. Jean Cheréau, *Livre d'architecture*, c. 1570.



Bóveda de la antesacristía de la catedral de Murcia. Levantamiento de Miguel Ángel Alonso Rodríguez.