

## LA GEOMETRÍA EN EL PROCESO DE RESTAURACIÓN: ANASTILOSIS DE ARCOSOLIOS EN EL CEMENTERIO MEDIIEVAL DE SAN JUAN DEL HOSPITAL DE VALENCIA

Concepción López González  
Jorge García Valdecabres

Se podría definir el concepto de esteotomía como la ciencia del corte de piedras aplicada a la construcción de un edificio, desde los elementos arquitectónicos más amplios hasta la definición pormenorizada de las partes con que estos se construyen. Esta ciencia nos conduce a la necesidad de diseñar previamente cada pieza o dovela de tal forma que mediante la rigurosidad en el corte y la precisión en la labra facilite el encaje junto con el resto y en la correcta posición para la que fue concebida. Se trata, por tanto, de una ciencia en la que se requiere un gran rigor en la ejecución alcanzándose a través de un plan predeterminado donde se se parte de la ideación y concluye en la puesta en obra.

Los proyectos de diseño de los edificios en la época medieval no se realizaban como hoy en día los entendemos. Existe un gran número de investigaciones, entre las que destaca la expuesta por el profesor Ruiz de la Rosa <sup>1</sup> por su modo específico de tratar los instrumentos gráficos al servicio del control de la forma. Pone de manifiesto la existencia de una estrategia gráfica previa al comienzo de la obra y que continúa durante todo el proceso de ejecución material de la misma. Así, el maestro cantero diseñaba esquemas geométricos de la planta del edificio (las trazas) a partir de las cuales obtenía las

<sup>1</sup> / RUIZ DE LA ROSA, J.A. "Traza y simetría: En la arquitectura Antigua y Medieval". Universidad de Sevilla 1987.

<sup>2</sup> / Pág. 203. Obra anterior citada.

<sup>3</sup> / WILHEM ZIEHR. "Esplendor del mundo antiguo". Mundo Actual de Ediciones. Barcelona, 1978. Pág. 225

*Sería muy unilateral reducir la importancia de la cultura islámica a la conservación del acervo cultural griego y helenístico.*

*A pesar de que musulmanes y cristianos lucharon en España durante siglos, en Toledo (cristiana desde 1087) se creó en el año 1130, bajo la protección del arzobispo Raimundo, una escuela de traductores que empezó a traducir del árabe al latín. En Toledo estudiaron los sabios más importantes de la época: Leonardo de Pisa, el renovador de la matemática europea, el Papa Silvestre II, Alberto Magno, Roger*

correspondientes elevaciones (las montañas). El desarrollo de las trazas en el arte gótico basa su existencia en la tradición geométrica <sup>2</sup>.

Los artífices procedentes de los reinos musulmanes poseían una amplia cultura geométrica como demuestra el gran número de escritos traducidos del griego al árabe. Entre éstos, destaca por su importancia el libro de los *Elementos de Euclides*, texto básico en el que se recogen los principios y contenidos de la geometría denominada comúnmente de "regla y compás", que fue posteriormente aplicada al diseño y a la construcción durante la Edad Media. En el siglo XII, este importante escrito es traducido del árabe al latín <sup>3</sup>. Los musulmanes empleaban, al realizar los diferentes oficios, sencillos métodos basados en los principios de la geometría de la regla y el compás, con muy poco apoyo aritmético. Los intercambios culturales se ven incrementados por diferentes factores: los numerosos desplazamientos de personas a lo largo de las rutas comerciales hacia oriente, las peregrinaciones a los Santos Lugares y las distintas campañas de las Cruzadas. Estas relaciones contribuyeron a una profunda asimilación de la cultura de los oficios.

El uso de procedimientos geométricos para conseguir "proporciones perfectas" se convirtió en una necesidad técnica, además de estética, que facilitaba la elaboración de los esquemas compositivos de los edificios de cierta magnitud, como los de planta basilical y los de planta central. Todo ello hace que el diseño arquitectónico medieval se fundamente en los conceptos provenientes de la tradición geométrica.



Bacon, Alfonso X el Sabio, rey de Castilla y electo emperador alemán, Tomás de Aquino, Duns Scotus, Guillermo de Occam, para citar sólo a los más importantes, que ampliaron los límites del saber europeo. Gerhard de Cremona tradujo, él sólo, setenta y un tratados científicos del árabe.

La historia de las ciencias europeas no podría escribirse en absoluto sin tener en cuenta la contribución islámica.

4 / SOLER SANZ, F. "Trazados octogonales". Ed. PP, Valencia, 1989.

Pág. 1. Aunque se conserven pocos documentos gráficos relativos a la idea o proyecto utilizado en su construcción, se pueden encontrar casos sencillos en los que es posible apreciar un criterio de composición apoyándose en los levantamientos posteriores.

5 / Pág. 4 obra anterior citada.

6 / Es importante resaltar que se trata de esquemas muy sencillos en los que sólo se consideran las directrices geométricas sin contemplar elementos arquitectónicos.

7 / BECHMANN ROLAND. "Los dibujos técnicos del Cuaderno de Villard de Honnecourt". Cuaderno de Villard de Honnecourt. Ed. Akal. Madrid, 1991. Pág. 48.

8 / VALDECABRES GÓMEZ, R. "Estructura geométrica de las superficies arquitectónicas". Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 1988 Pág. 220

La Geometría está presente en toda producción organizada y es a través del reconocimiento de tal geometría como podemos colaborar en la Expresión Gráfica de la arquitectura, ya que como hecho cultural sustenta el discurso gráfico del arquitecto.

ca, por un lado; y de la tradición aritmética, por otro, donde se conjuga la modulación y la proporción con un cierto valor de simbolismo religioso. El diseño de los edificios se desarrolla a partir de unas leyes compositivas, conformando una trama que sólo se descubre al realizar el correspondiente levantamiento de los planos 4. Es entonces cuando podemos reconocer la utilización de sencillas figuras en la composición de las trazas de la planta (cuadrados, círculos y triángulos).

La complejidad de los edificios góticos dará una preponderancia cada vez mayor a los métodos de la "geometría fabrorum", capaces de coordinar a través de una serie de fórmulas basadas en construcciones geométricas sencillas la totalidad de los elementos y detalles de la construcción 5.

Podemos resumir diciendo que las plantas y los alzados de los edificios medievales se diseñaban a partir de esquemas geométricos proporcionales: las trazas y las monteas 6. Pero para realizar estos esquemas, a medida que se proponían composiciones constructivas más complejas, se precisó de un mayor desarrollo a través del estudio de los detalles, para facilitar el diseño de cada sillar de forma directa.

Las trazas de monteas eran dibujos a escala natural (E:1/1) realizados en muchos casos sobre una superficie definida mediante una torta de yeso extendida, sobre la que se trazaban las líneas que definían la pieza a conformar. Una gran parte de los dibujos de monteas datan del siglo XIII. A medida que los procedimientos de ejecución de la arquitectura gótica van evolucionando, se sustituyen determinados dibujos de

montea por "plantillas", que son más precisas y tienen la ventaja de poderse aplicar directamente sobre la piedra a cortar tras definir las trazas y las monteas. Para que un cantero supiese ejecutar correctamente una clave, una dovela, un salmer o una clave mayor (es decir, un elemento de cierta complejidad), se fabricaban plantillas o patrones (lo que Villard llama "mole"); de ese modo, el cantero no tenía más que reproducir estas plantillas que representaban las diversas caras de la piedra

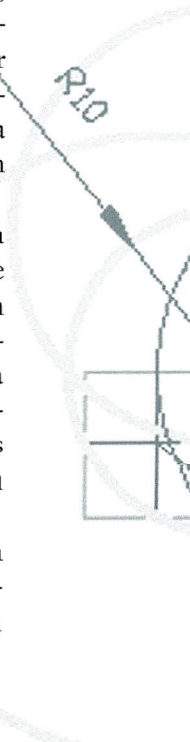
7. La mayor dificultad radica en determinar la forma y dimensiones de los elementos que componen las fábricas y la cubrición (las bóvedas): para el diseño de la dovela de un arco crucero es necesario conocer el radio del arco, el ángulo entre los lechos de las caras y la altura de la dovela, así como su espesor y sus molduras. Todos estos parámetros se consiguen a través del uso de la geometría 8, mediante el dibujo a escala 1:1. El arco se materializaba en las trazas de monteas, que servían de base para la fabricación de las plantillas y contra-plantillas con las que se fabricarán los diferentes sillares y dovelas. Estos patrones se confeccionaban a tamaño natural, para eliminar errores, de forma que los entalladores, que debían ser peones poco especializados en la lectura de planos, no falsearan los originales elaborados por el maestro cantero. Cada sillar o dovela diferente necesitaba de un patrón, por lo que la división del trabajo se realizaba por hileras con patrones diferentes. Estas piezas, perfectamente codificadas y designadas en la cantera, eran posteriormente enviadas a la obra, o bien eran talladas en el propio recinto en construcción y

colocadas en el lugar adecuado, siguiendo el plan previamente establecido por el maestro cantero, como pequeñas piezas de un gran puzzle.

En la actualidad, la estereotomía es una ciencia casi en desuso debido a que quedan muy pocos artífices expertos en este oficio. Por supuesto, no es necesario utilizar los mismos métodos de talla de la piedra empleados en el medievo o el renacimiento, ya que se han mecanizado algunas de las herramientas empleadas. Sin embargo, es importante conocer estos sistemas, ya que nos veremos obligados a restituir algunas de la piezas que conforman el espacio de muchos monumentos, en los que la fábrica y las bóvedas están construidas con sillares de piedra. Éstas deben ser fabricadas con extremo rigor respecto a las plantillas elaboradas, para que encajen a la perfección en el lugar que les corresponde. No sólo es importante recuperar el patrimonio arquitectónico que poseemos, sino también los oficios que lo hicieron posible. Se hace preciso recuperar la memoria del método y de los instrumentos de control que conducen a establecer las bases para la definición y representación de la forma.

La necesidad del conocimiento de la ciencia de la estereotomía y del arte de la monteas, así como la recuperación del oficio de la cantería ha sido puesta de manifiesto recientemente en la elaboración del proyecto de anastilosis para la recuperación de los antiguos arcosolios adosados a la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia.

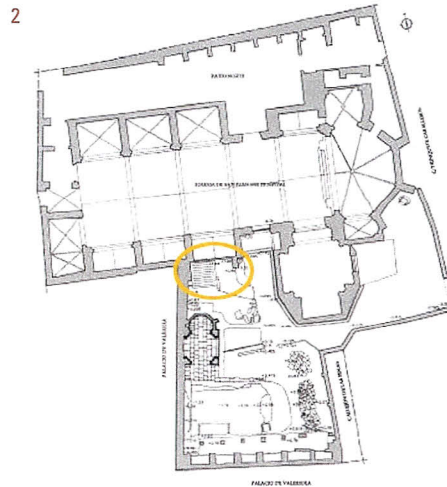
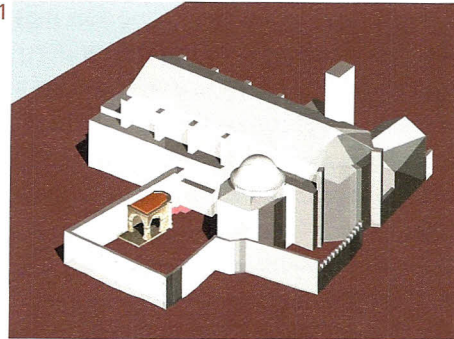
El conjunto arquitectónico de San Juan del Hospital es un hito en la ciudad, no sólo por haber sido la primera



iglesia consagrada (después de la catedral) tras la conquista de la ciudad en el año 1238, lo que la convierte en la iglesia más antigua, sino porque forma parte de la historia del pueblo valenciano y pertenece a su memoria. Por su ubicación, podemos asegurar que entre sus muros se dieron cita las diferentes culturas que han caracterizado nuestra historia; desde la “Valentia” Imperial del siglo II antes de Cristo, presente por los restos de la espina del que fue el circo romano de la ciudad, hasta los vestigios de estructuras de viviendas visigodas y musulmanas. Estas últimas fueron derribadas en el siglo XIII para convertirse en el espacio que ocupaba el cementerio medieval cristiano. En el siglo XVIII el lugar fue destinado a huerto del prior de la orden; y, posteriormente, parte del Patio Sur fue cubierto para ser utilizado como taller de una importante imprenta de la ciudad, reutilizando los arcosolios y vasos funerarios como depósito y almacén de diverso material. Aún se puede apreciar una veladura de color grisáceo provocada por el polvo ocasionado en los procesos de impresión, visible en los elementos y paramentos que definen este espacio. Este peso patrimonial convierte al conjunto hospitalario en uno de los monumentos más significativos de la ciudad. Concretamente, en el “Patio Sur” –antiguo cementerio medieval– se conserva un conjunto de arcosolios con restos de pinturas murales, así como una pequeña capilla funeraria, ejemplo singular de esta tipología. (imágenes 1, 2, 3, 4, 5 y 6)

El “Patio Sur” de San Juan del Hospital comienza a utilizarse como cementerio desde los primeros años de la conquista de la ciudad. El esquema de

9 / Dies Cusi, E. Informe Arqueológico de las Campañas realizadas en el Patio Sur de la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia. Archivo Del Museo de la Fundación Conjunto Medieval de S.J.H. Valencia.

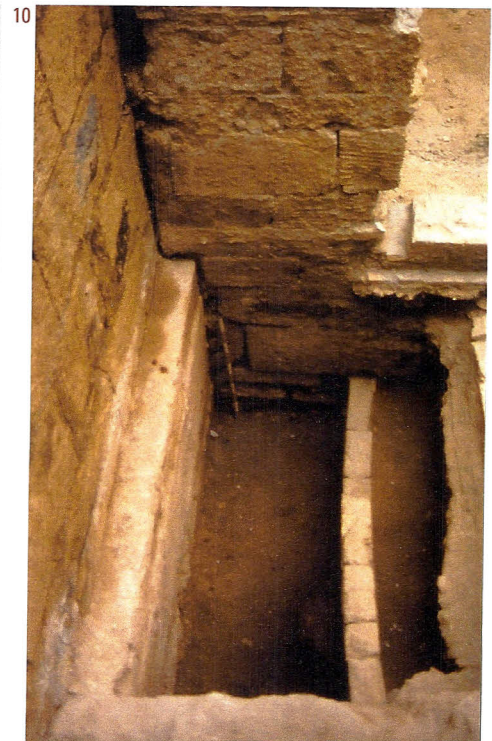
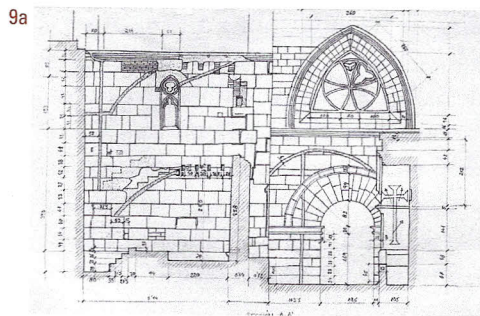
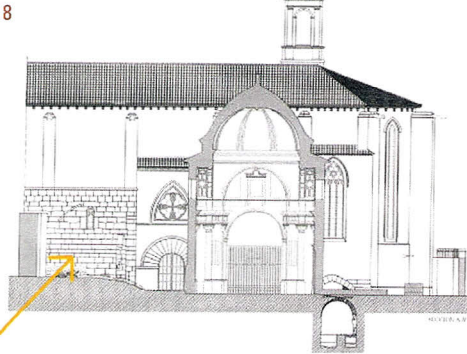
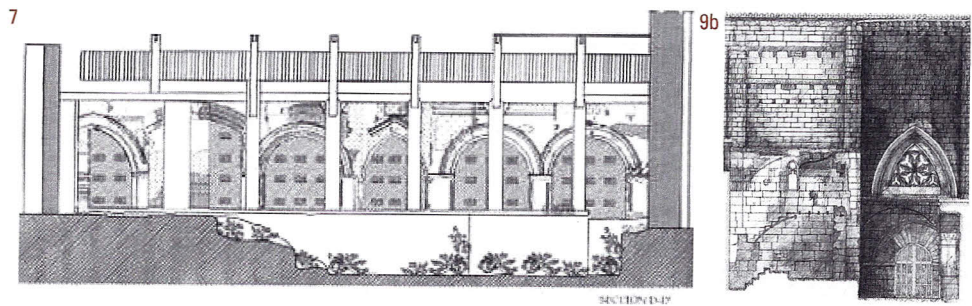


la organización espacial de este tipo de cementerios consiste en una zona libre central rodeada de estructuras de piedra en forma de arcos. Esto implicaba que parte de los enterramientos se realizasen directamente en fosas excavadas en la tierra situada en la zona central, con orientación este-oeste; y otra, en los vasos funerarios de piedra de los propios arcosolios. Los restos encontrados en las sucesivas excavaciones realizadas en el “Patio Sur” han evidenciado... *que en pleno siglo XIV se produce una reestructuración del cementerio, elevando el nivel del suelo mediante un relleno de tierra. Y, coincidente con este momento se produce la construcción de los arcosolios 9.* (imagen 7)

Estos arcosolios debieron rodear el recinto cementerial como lo demuestran los restos hallados en las campañas arqueológicas realizadas en el muro oeste, los que se conservan en el muro sur y los adosados a la iglesia. Se han descubierto restos correspondientes a tres arcosolios bajo el suelo de la capilla de Santa Bárbara y de otros dos arcosolios adosados, junto al muro de la fachada de la iglesia. Estos últimos arcosolios son los que han sido objeto del proyecto de anastilosis para su recuperación a partir de los vestigios encontrados. Se trataba de



10 / SOLER SANZ F. "Trazados octogonales". Ed. PP, Valencia, 1989, pág. 1.



construir un rompecabezas del que no se poseen todas las piezas, pero sí los datos suficientes para que, mediante su estudio sistemático, se pudiera formular la hipótesis gráfica del modelo geométrico y encajar el conjunto de las diferentes piezas sin riesgo a equivocarse (imágenes 8, 9a y 9b). El profesor Felipe Soler lo expone con claridad: *Conocida la idea compositiva sería posible discernir qué modificaciones posteriores alteraron la forma fundamental, o bien establecer criterios para una posible rehabilitación* 10.

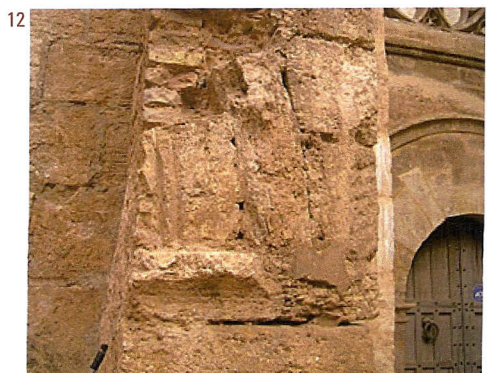
El punto de partida venía configurado por los vestigios hallados en el lugar donde originariamente estaban los dos arcosolios adosados, mencionados con anterioridad, completados con una posterior catalogación de sillares deslocalizados y diseminados, por el recinto cementerial. Pasamos a exponer las premisas iniciales:

- Conocemos la situación exacta y tamaño en planta de los dos arcosolios, pues se conserva el vaso funerario de cada uno de ellos (hallazgos datados en las distintas campañas arqueológicas realizadas), (imagen 10)
- Asimismo, aún es posible apreciar en el muro de la fachada sur de la iglesia la impronta dejada por la antigua

construcción del arcosolio derecho a través de un ligero cambio de coloración en la piedra, por lo que es posible determinar el trazado del arco, (imagen 11)

- También conocemos la labra de las dovelas que componían el arco derecho, así como la forma de los sillares de la arquivolta exterior y de las molduras de la imposta sobre la que se apoyaba el mismo, pues todavía se conserva en su lugar original el arranque del arco, (imagen 12)
- Después de una detenida y minuciosa observación del muro medianero con el patio contiguo, perteneciente al palacio de la familia Valeriola, en la zona donde se ubica el arcosolio izquierdo, se dedujo el lugar y la cota a la que se encontraba la losa de cierre del vaso funerario. Cuando se construyó una antigua edificación, actualmente desaparecida, se utilizó parte de este vaso como paso de la escalera de acceso al semisótano, se picaron los sillares de esta zona y aún se puede apreciar un sillar de menor altura que el resto, a modo de losa (con un espesor de 14 centímetros).

Con estas premisas fue posible determinar la traza y la monte de los arcosolios realizando el correspondien-





te levantamiento de los indicios conservados planos a través de una profunda y correcta toma de datos. Sin embargo, faltaba por definir las plantillas o patrones de las dovelas y sillares que los componían. *El proceso de realización de cualquier obra de cantería, elaborada y diseñada mediante complicados y artificiosos procesos geométricos genera como resultado una serie de patrones de los que, a través de la talla, y tras una cuidadosa codificación de las piezas, surgirá, con la puesta en obra, una espléndida realización arquitectónica* 11.

Del mismo modo pretendíamos en el proyecto de anastilosis, averiguar los trazados geométricos, conocer la talla a través de los sillares y dovelas encontradas, codificar las piezas y, mediante la puesta en obra, restituir la arquitecto-

tura de los arcosolios que existieron adosados a la fachada sur de la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia.

Para ello, y tras una nueva excavación en la zona donde se ubican estos arcosolios, se fueron extrayendo los sillares deslocalizados de su lugar original por su reutilización en otras construcciones, hoy desaparecidas. Se procedió a su catalogación y a elaborar, mediante una ficha modelo, el inventario de las piezas halladas.

La metodología del proceso seguido fue la siguiente:

1. En primer lugar se numeraron cada uno de los sillares, asignándoles una clave, (*imagen 13*)

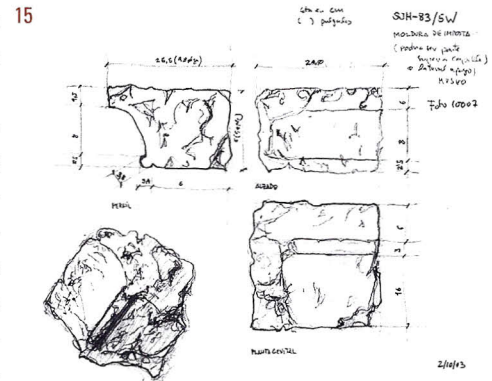
2. Luego, fueron fotografiadas cada una de las piezas de piedra, (*imagen 14*)

3. Con cada uno de los sillares se elaboró una toma de datos, dibujándose un croquis en el que se anotaron las dimensiones de cada una de las partes, (*imagen 15*)

4. De cada uno de los sillares se realizaron planos a escala y modelos en 3D, tanto del estado actual del sillar como del modelo virtual del sillar original, (*imagen 16*)

Estos datos nos facilitaron la realización de la catalogación basándonos en la forma, en el volumen y en la métrica de cada una de las piedras, pudiendo comprobar que las piezas halladas podían ser clasificadas en seis grandes grupos:

A. **Dovelas tipo A:** Piezas con un cierto radio de curvatura y con un baquetón de radio 9 centímetros bordeado por una doble hendidura. Estas dovelas eran idénticas a la que todavía se mantiene en su lugar original del arcosolio derecho. Todas ellas tenían



un frente de 30 centímetros, a excepción de una de ellas, cuyo frente es de 18 centímetros, por encontrarse rota. Fueron halladas cinco dovelas de este tipo, todas ellas pertenecientes al arcosolio derecho.

B. **Dovelas tipo B:** Piezas con un cierto radio de curvatura y con un baquetón de 9 centímetros de diámetro, pero sin la doble hendidura que encontrábamos en el caso anterior. Todas ellas aparecen con un frente de 28 centímetros. Fueron encontradas seis dovelas.

C. **Arquivoltas:** Dovelas alargadas, correspondientes por su forma y molduras con la arquivolta que todavía se conserva en su lugar original del arcosolio de la derecha. Todas ellas de 58 centímetros de frente y 20 centímetros de altura. Han sido localizadas tres piezas.



**D. Sillares de la basa central de apoyo tipo A:** Se trata de sillares de diferentes dimensiones, pero todos ellos con un baquetón de 9 centímetros de diámetro. Hemos establecido como hipótesis más probable, que estos sillares corresponden a la jamba del arcosolio derecho por tener las dovelas del arco de este arcosolio y el baquetón el mismo diámetro. Han sido descubiertos dos sillares de este tipo, cuya altura coincide con la altura de la basa.

**E. Sillares de la basa central de apoyo tipo B:** Son sillares como los anteriores, pero cuyo baquetón tiene un diámetro de 11 centímetros. Por exclusión los hemos ubicado en la jamba del arcosolio izquierdo. De este grupo hemos encontrado un sillar.

**F. Sillares descatalogados** que no se corresponden con ninguno de los cinco grupos anteriores.

Una vez catalogadas las piezas se elaboró una ficha de cada una de ellas, donde aparece su denominación, sus medidas, su fotografía, su plantilla a escala, su modelización en 3D, su localización y las observaciones pertinentes (imágenes 17a, 17b, 18a y 18b). Ha sido precisamente el estudio y análisis de la forma y dimensiones de las diferentes piezas, lo que ha permitido realizar una catalogación sistemática y rigurosa. El diseño de cualquier pieza de cantería conlleva el conocimiento de sus dimensiones, lo cual obliga a un planteamiento previo basado en la geometría. El uso del sistema diédrico de proyección permite el conocimiento de las proyecciones de las diferentes caras de los sillares que deben ser restituidos, absolutamente necesario para la elaboración de las corres-

FICHA DE CATALOGACIÓN DE SILLARES

ARCOSOLIO IZQUIERDO		ARCI- D1 f 775
Croquis		Localización en el Arcosolio
Puesta a Escala		Modelo en 3D
		Modelo Virtual en 3D
Observaciones . Pieza muy deteriorada. . Forma de moldura reconocible. . Precisa reintegración de material para lograr superficie de apoyo.		

FICHA DE CATALOGACIÓN DE SILLARES

ARCOSOLIO IZQUIERDO		ARCI- C1 f 10004
Croquis		Localización en el Arcosolio
Puesta a Escala		Modelo en 3D
		Modelo Virtual en 3D
Observaciones . Pieza geoméricamente completa . La pieza precisa limpieza de sus caras.		

FICHA DE CATALOGACIÓN DE SILLARES

ARCOSOLIO DERECHO		ARCD- Clave y arranque f 791
Croquis		Localización en el Arcosolio
Puesta a Escala		Detalle seccion Virtual Dovela y Cornisa
		Detalle seccion de la Cornisa - Basa
Observaciones . Piezas muy deterioradas. . Dovela, arquivolta e imposta que unen el arranque del arco.		

FICHA DE CATALOGACIÓN DE SILLARES

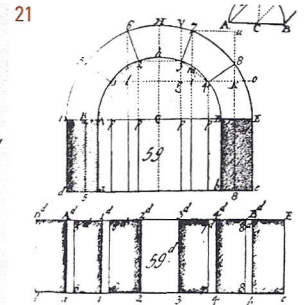
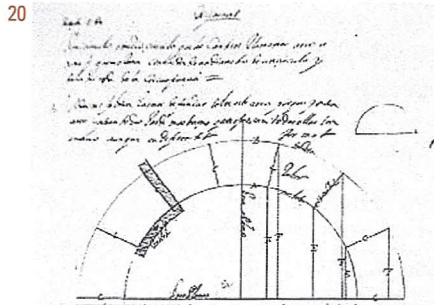
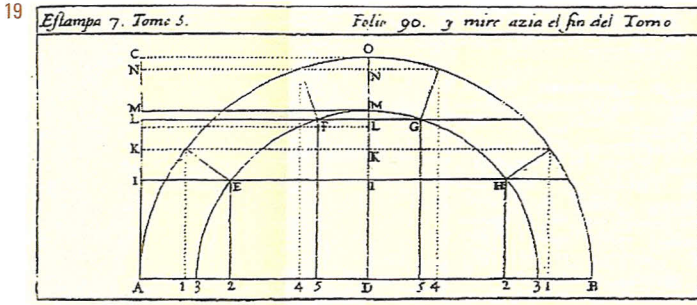
ARCOSOLIO DERECHO		ARCD- D1 f 10011
Croquis		Localización en el Arcosolio
Puesta a Escala		Modelo en 3D
		Modelo Virtual en 3D
Observaciones . Pieza muy deteriorada. . Se precisa reintegrar las caras y preparar superficie de apoyo.		



12 / GENTIL BALDRICH, J.M. y RABASA DÍAZ, E. "Sobre la geometría descriptiva y su difusión en España". De la edición facsimilar "Geometría Descriptiva" de Gaspard Monge. Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. Madrid, 1996. Pág. 62  
 Los primeros tratados que dan conocimiento de la Traza de cantería, impresos o manuscritos, aparecen en el siglo XVI, y aunque el primero impreso es el de Philibert Delorme, los compendios españoles que circulaban no tienen nada que envidiar a los del país vecino. Basta ver los dibujos de Alonso de Vandelvira o los de Ginés Martínez de Aranda o Alonso de Guardia.  
 13 / GENTIL BALDRICH, J.M. y RABASA DÍAZ, E. "Sobre la geometría descriptiva y su difusión en España" Introducción del facsímil "Gaspard Monge. Geometría Descriptiva". Colegio de I.C.C.P.

Colección de ciencias, humanidades e ingeniería, nº 52. Madrid, 1996. Pág. 62  
 14 / Sabemos que la estereotomía renacentista se contraponen a la estereotomía medieval en el interés que muestra la renacentista en resolver de forma continua las superficies cóncavas que constituyen el abovedamiento de sus edificios frente a los sistemas góticos de construcción de bóvedas con sus dos órdenes estructurales de nervaduras y plementos. No obstante, durante el siglo XIII se realizan espléndidos ábsides en media naranja y bóvedas continuas apuntadas.  
 15 / WILKINSON-ZERNER, C. "Juan de Herrera arquitecto de Felipe II". Ed. Akal Arquitectura. Madrid, 1996. Pág. 11  
 16 / Resultan de gran interés los tratados escritos casi todos

ellos dentro del siglo XVI y que versan en mayor o menor medida sobre el arte de la cantería:  
 - Villard de Honnecourt: "Cuaderno" (1225-1235). Algunas de las plantillas dibujadas en este cuaderno aparecen en la iglesia de San Juan.  
 - Rodrigo Gil de Hontañón "Compendio de arquitectura y Simetría de los templos conforme a las medidas del cuerpo humano con algunas demostraciones de geometría" (1540)  
 - Hernán Ruíz (1545-1562)  
 - Philibert de L'Orme: "Architecture" (1568). Es el primer tratado impreso sobre estereotomía y está compuesto por once libros de los cuales sólo el tercero y el cuarto están dedicados específicamente este tema.

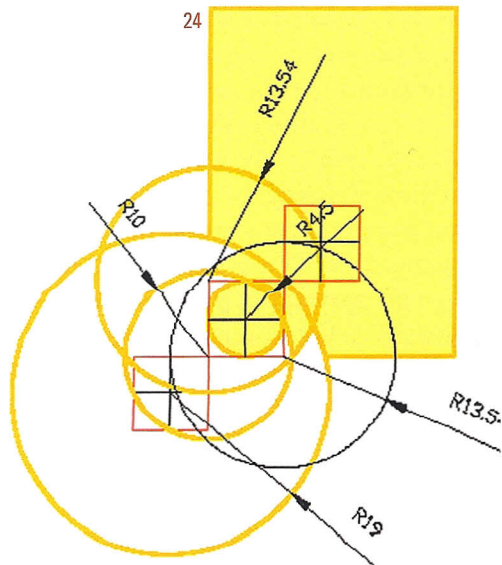
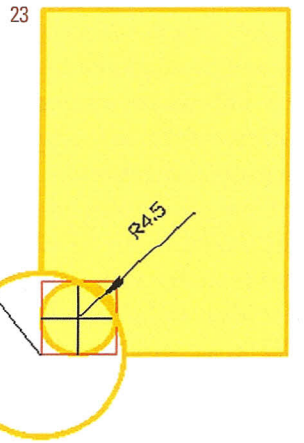


pendientes plantillas. Asimismo, es importante la utilización de otro sistema de representación: La perspectiva axonométrica, que nos permite ver el elemento en tres dimensiones, haciendo uso de los sistemas digitales de representación, estas axonometrías pueden entrar en movimiento, de forma que a través del ordenador podemos contemplar cada una de las piezas de piedra diseñadas desde diferentes puntos de vista, facilitando su ubicación en el lugar exacto que le corresponde.

Por otro lado, acudimos a los tratados que explican el método empleado para la elaboración de las montes y las trazas, así como del proceso de fabricación de las plantillas para la formación de dovelas.

Este arte del corte de piedras, tan arraigado en la tradición arquitectónica medieval, es recopilado especialmente en Francia y en España, por tradistas del renacimiento 12. En el resto de países de Europa no existe casi documentación al respecto, ya que en Italia no se conoce ninguna obra anterior a la de Guarini y en Inglaterra no se ha hallado ningún escrito profundo sobre esta materia hasta el siglo XIX 13. Encontramos tratados de gran belleza gráfica y precisión científica y geométrica junto con otros documen-

tos de escaso rigor, realizados por autores que no han sabido exponer con claridad, con un método científico y con habilidad gráfica las soluciones constructivas de corte de montes empleadas por los artífices medievales. Es ampliamente difundida la idea de que los tracistas medievales no fueron teóricos, pero en realidad lo que podemos decir es que no fueron arquitectos al estilo renacentista, ya que los maestros canteros medievales poseían amplios conocimientos de arquitectura, que fueron transmitidos por sus discípulos y descendientes al siglo XVI, como demuestran los alardes constructivos de las soluciones adoptadas 14. Este cuerpo doctrinal consistía en una serie de reglas establecidas y experiencias prácticas de uso habitual, que incluían todas las formas matemáticas de trazado, aunque esta "sabiduría", se encontraba en manos de los técnicos especialistas: los maestros canteros. Fueron los propios arquitectos del renacimiento los que relegaron este cuerpo doctrinal a la categoría de *artesanado sin articulación, al estatus de receta sin estructura intelectual* 15. Es por ello que el estudio de estos tratados nos sirvió para determinar las trazas empleadas en la formación de los arcos y la descom-





- Andrés de Vandelvira: escrito realmente por su hijo Alonso "Libro de Traças de cortes de piedras" (1575 - 1591). Está muy influenciado por el tratado de Philibert de L'Orme.  
 - Ginés Martínez de Aranda: "Cerramientos y Traças de Montea" (finales del siglo XIV)  
 - Alonso de Guardia realiza diversas anotaciones de trazas sobre un ejemplar del libro de Ludovico Doce "Imprese sobre diversi principi..." (Venecia, 1560)  
 Aunque en el caso de Delorme, se trata de un tratado impreso y en el caso de los otros autores españoles se trata de manuscritos y anotaciones, no por ello tienen menor rigor científico y gráfico. En todos ellos aparecen dibujos en proyección ortogonal, con plantas, alzados y abatimientos. También en el siglo XVII

continúan apareciendo estos tratados como es el caso del tratado de Fray Lorenzo de San Nicolás ("Arte y uso de arquitectura", Madrid, 1633-1664) o el manuscrito del mallorquín Joseph Gelaber ("De l'art de Picapedrer", 1653), así como el libro de Juan de Torija ("Breve tratado de todo género de bóvedas...", Madrid, 1661).  
**17** / En Valencia, dada la gran inercia que el estilo gótico mantiene incluso después de transcurrido el siglo XV, aparece el tratado del matemático Padre Tomás Vicente Tosca editado en el siglo XVIII ("Compendio matemático...", Valencia, 1707-1715), y posteriormente otro del mismo autor ("Tratado de la Montea y Cortes de Cantería", Madrid, 1727). Este último se encuentra dividido en cinco libros. El primero de ellos trata de los fundamentos del arte de montea y cantería. En él da una serie de

definiciones entre las que llama la atención la denominación de planta como *vestigio o ichtnographia horizontal* y al alzado lo denomina *vestigio vertical* y lo define como el que se formaría en un plano vertical con los rayos del sol situado en el horizonte. El libro II lo dedica a la descripción y fábrica de los arcos y bóvedas cilíndricas. En el libro III habla de las bóvedas cónicas y en el libro IV de las bóvedas principales. Por último el libro V lleva por título: *de las bueltas para escaleras, y otros arcos, y bóvedas irregulares*. Todos los libros contienen una serie de problemas concretos abarcando las diferentes situaciones constructivas que pueden darse y son solucionados literal y gráficamente.  
**18** / Entre los tratados publicados en fechas posteriores cabe destacar el realizado por M. Frezier titulado "La theorie et la

posición del dovelaje, pero también fue de gran utilidad para elaborar las plantillas de las dovelas de cada uno de los arcosolios y la talla de sillares **16**. Aunque los tratados estudiados no fueron escritos durante el medievo, el método empleado para cortar las piedras y para la elaboración de plantillas es el mismo que el utilizado en la arquitectura medieval, ya que las técnicas renacentistas están profundamente imbricadas en una sensibilidad y unos oficios de la construcción que provienen de los maestros medievales.

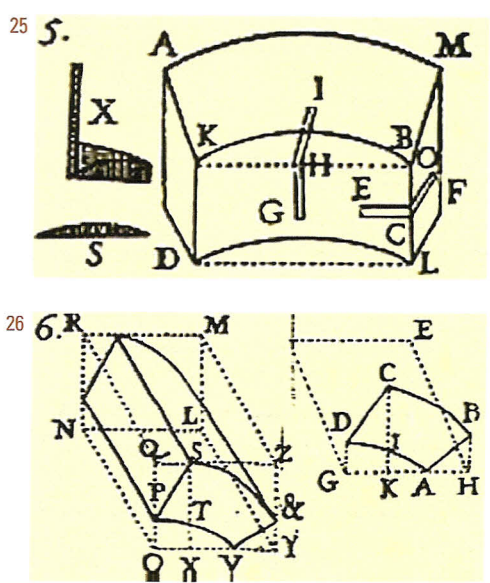
Seguidamente estudiaremos la formación del arco de medio punto. En los tratados de montea y cortes de cantería, vemos que este tipo de arco es el más sencillo de construir y el primero que se estudia en cada uno de ellos, denominado en muchos casos "arco fundamental".

Thomas Vicente Tosca **17** describe la formación del "arco fundamental" acompañando el método empleado con un dibujo explicativo (imagen 19). La descripción contempla la *Ichnografía horizontal*, la *Ichnografía vertical*, el trazado del arco y su fabricación. No repetiremos aquí como propone el Padre Tosca el trazado de un arco de medio punto, pero resulta interesante comprobar el método de fabricación del mismo, por lo que lo reproducimos a continuación: *Este arco es muy perfecto, y seguro con que lleve los competentes estrivos para resistir los empujos, como después dirè; y su buelta empieza amover de quadrado, ò plano horizontal. Para fabricar así el Arco semicircular, como todos los demás, se hará primeramente su cimbría, ò*

*cerchon, que para este es bien facil, por no ser mas que un semicírculo de madera ajustado a la buelta, ò dobla interior... Si se ha de fabricar de Sillares, se obrará como se sigue: Supongamos, que sobre la recta AB se ha de formar un arco circular recto. Descripta primero su frente, è Ichnografía, como se dixo en la propos.9 lib.I se tirará la AR, igual à la latitud del arco, ò crasicie de la pared: tirese asimismo BO, igual, y paralela à la AR; y juntese la RO, y de cada punto de la división de la AB: tirese paralelas à la misma AR, y en el rectángulo RB, quedara formada la entera Ichnografía del arco. Hecho esto cortese la plantilla de un paramento, ò frente de una piedra, por ejemplo de la AE y ajustándola sobre la piedra, se trabajara esta superficie, y formada esta, se formaran las de los lechos con sola la esquadra, por ser en este arco perpendiculares à le frente: Con sola la plantilla sobredicha se trabajaràn las demás piedras sin que sean menester mas plantillas por la igualdad...*

También en el tratado de Vandelvira encontramos, en las primeras páginas, la aplicación del baibel sobre el arco de medio punto (plantilla que define la contra-curva) (imagen 20). En el cuarto libro del "Traité de Stereotomie" de Frezier **18**, dedicado al corte de piedra y de madera, se describe el método de formación de arcos y del corte de las dovelas que los componen con la herramienta necesaria para ello, sin que encontremos grandes diferencias con los métodos anteriores (imagen 21).

En el "Cuaderno" de dibujos de Villar de Honnencourt, en la lámina 63,



se detalla la forma de los sillares utilizados en la construcción de los pilares y del corte de piedras para la catedral de Reims (imagen 22). Existe una gran semejanza entre las plantillas aquí descritas con las que se utilizaron en la formación de las dovelas de los arcosolios de la iglesia de San Juan del Hospital (imágenes 23 y 24).

El Padre Tosca, en su tratado, expone dos métodos para tallar dovelas, que aún pueden estar en uso:

*...el primero mas fácil, y ordinario es el que se vale de las Plantillas cerchas, Bayveles, y Saltarelia, con que forman los planos, y superficies de las piedras, dándoles los debidos ángulos de inclinación... 19, (imagen 25)*

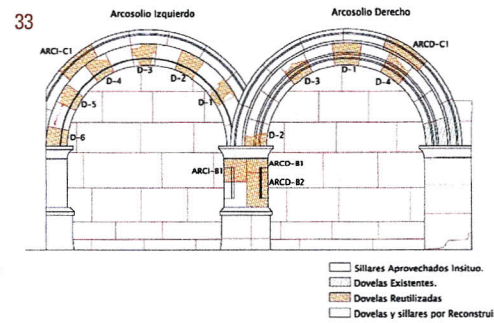
*El segundo modo de cortar las piedras usa de quadrículas, y robos, y aunque es mas ingenioso que el primero, pero tiene mas dificultad, desperdicia mucha piedra, y porque raras veces sera menester ponerle en practica... 20, (imagen 26)*



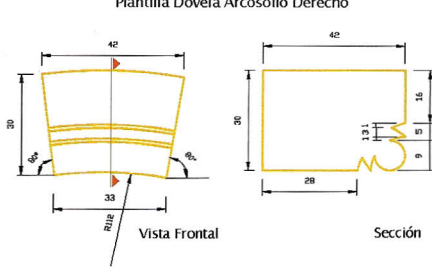


pratique de la Coupe des Pierres et des bois, pur la construction des voutes et autres Parties des Bâtimens Civils & Militaires, ou Traité de stereotomie à l'usage de L'Architecture" (1737). Este tratado está muy bien estructurado ya que queda dividido en varios tomos y a su vez en diferentes libros siguiendo un índice y avanzando en la complejidad de las soluciones, aunadas según los diferentes temas. Tiene una gran exactitud geométrica y puede considerarse el eslabón entre los tratados de cantería que habian sido realizados con anterioridad y la posterior geometría descriptiva de Monge. También es de interés el tratado de J. Adhèmar, "Cours de Mathématiques à l'usage de L'Ingénieur civil. Applications de géométrie descriptive. Coupe des pierres". (1840) **19 /** Supongamos se ha de trabajar la piedra de la figura 5 para

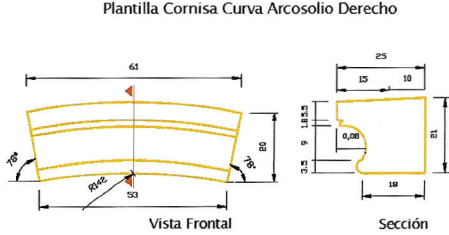
un arco, cuyas tres plantillas se suponen ya cortadas.  
 1. Trabájese la superficie DB, aplicándole su propia plantilla, y aunque esta superficie ha de ser curva, por pertenecer a la dovela interior del arco, pero conviene se haga primero plana:  
 2. Señálese con lapiz la EC perpendicular a la BL, y asimismo la CO perpendicular à la misma BL: abrase una regata en la piedra siguiendo la CO; y tomando con la Saltarella el angulo de inclinación que ha de tener el plano LM, con el plano DB, según le dà la plantilla de la cara AB, se ajustara el un pie de dicho instrumento sobre la linea EC, y el otro en la regata CO, la cual se profundará, según fuere menester, hasta que los pies de la Saltarella se ajusten perfectamente el uno sobre EC, y el otro sobre CO: hecho esto, quitese de la piedra todo lo superfluo, hasta que la



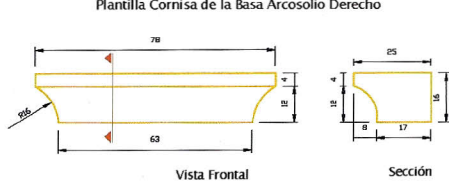
27 Plantilla Dovela Arcosolio Derecho



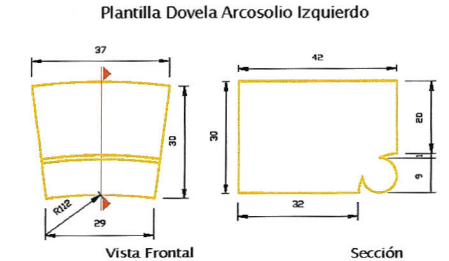
28 Plantilla Cornisa Curva Arcosolio Derecho



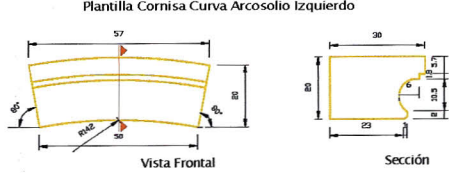
29 Plantilla Cornisa de la Basa Arcosolio Derecho



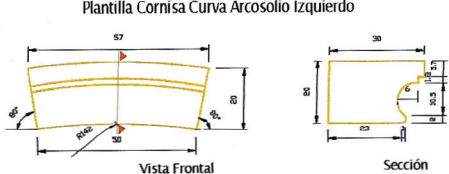
30 Plantilla Dovela Arcosolio Izquierdo



31 Plantilla Cornisa Curva Arcosolio Izquierdo



32 Plantilla Cornisa Curva Arcosolio Izquierdo

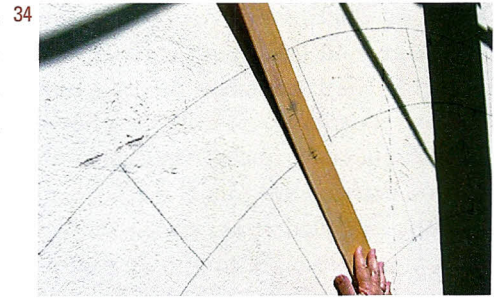


En este proyecto de anastilosis hemos dibujado los patrones de los diferentes sillares que intervienen en la formación de las bóvedas de cubrición de los arcosolios, basándonos en la catalogación anteriormente realizada. Realmente, se trata de diferenciar entre las dovelas labradas de los arcos que conforman los arcosolios y las correspondientes a la bóveda de cubrición; que, al ser todas iguales, no necesitan plantilla rectangular de testa: por una parte, se han elaborado patrones de las dovelas existentes; y por otra, los patrones de las dovelas que deben ser restituidas, (imágenes 27, 28, 29, 30, 31, 32 y 33)

Posteriormente, tal y como se hubiera realizado en la Edad Media, se dibujaron las trazas y monteas a escala 1/1 sobre una pared, para obtener la descomposición del dovelaje (imágenes 34 y 35). Una vez dimensionadas las dovelas se elaboraron las plantillas de madera que sirvieron de guía al cantero para tallar cada uno de los sillares, impostas y dovelas que intervienen en la recuperación de los arcosolios.

Todo este proceso para recuperar una importante pieza arquitectónica medieval, que devolverá a un espacio cementerial, actualmente desdibujado, el valor que tuvo en su entorno cercano, ha sido posible gracias al conocimiento de los procedimientos empleados para su construcción: el juego geométrico y el control de la forma, aplicados mediante sencillos desarrollos gráficos, (imágenes 36 y 37)

En resumen, el conocimiento profundo de los medios e instrumentos del pensamiento gráfico empleados a lo largo de los distintos momentos de la



Sillares Aprovechados Intituo.  
 Dovelas Existentes.  
 Dovelas Reutilizadas  
 Dovelas y sillares por Reconstruir

33

34

35

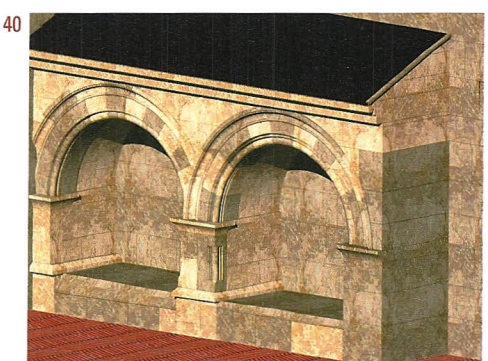
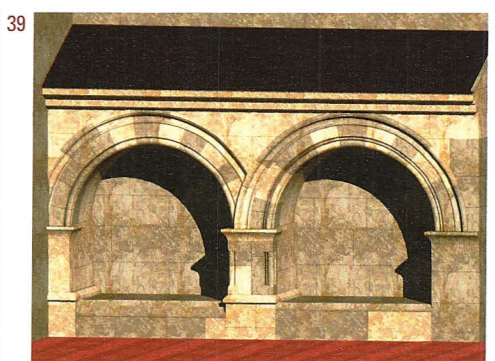
36

37

superficie LM, quede bien llana, de suerte, que no quede vestigión de la regata CO; y con ello quedara concluida esta superficie, y de la misma manera se trabajará la otra AD su correspondiente.  
 3. Para trabajar la superficie AB: tirese con lapiz la GH perpendicular à la KB, y asimismo la HI perpendicular à la misma KB, y se abrirà como antes una regata HI, y tomando de las plantillas el ángulo que han de formar los planos AB, KL, se ajustarán sus dos brazos, el uno sobre GH, y el otro en la regata HI, que se profundará hasta que el ángulo de la Saltarella ajunte perfectamente con el de la piedra, y cada brazo de aquella con cada superficie de esta, y allanando toda la superficie KM, hasta que desaparezca la regata quedará concluida la sobredicha superficie; y de la misma suerte se trabajará su opuesta DF.

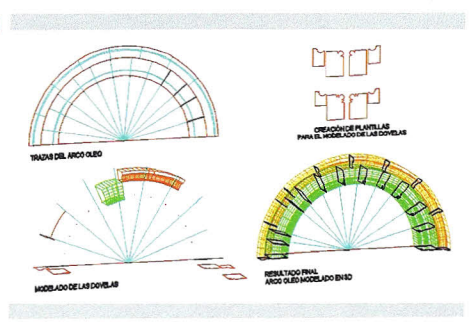
Últimamente con el segmento de semicírculo S, cuya curvatura se supone ajustada a la de la cimbría, ò cerchon del Arco; se tomará la concavidad de la superficie DB, que se hizo plana para facilitar la operación. Suelese ordinariamente trabajar esta superficie concava de DB, formando con una tabla como X, el ángulo mixtilíneo, ajustado al mixtilíneo AKB, que ha de tener la piedra; llámase dicha tabla, Regia Cercha, ò Baivel. Adviertase que aviéndose trabajado los lechos ML, y AD, se puede trabajar la superficie AB, aplicando solamente sobre ML, su propia plantilla, por dár esta el ángulo MBL; y no será menester buscar el ángulo IHG, por la Saltarella, y se escusará la operación puesta en el num. 3  
 20 / Sea, pues, la plantilla ABCD, para la frente de la piedra que se ha de formar que supongo que sea vertical; y tirado la orizontal

GH, se baxaran los perpendiculos de los angulos, y quedará formada su Ichnographia en la línea GKAH. Supongo tambien que la Ichnographia horizontal de la piedra, formada por las perpendiculares que baxan de sus angulos, sea el paralelogramo GE. Operación. Cortese la piedra DM la superf. plana OYLN, igual, y semejante à la Ichnographia GE: cortese tambien la superficie plana OZ, à la esquadra con la primera: levantese la perpendicular OP, igual à la GD, y tomando OX, igual a GK, se levantarà la perpendicular XS, igual à KC; y en ella se señalarà XT, igual a Kt; asimismo se hará la OV, igual à GA; la perpendicular Y&, igual à HB; y se tendrá la fig. PS&V, igual, y semejante à la plantilla ABCD: hagase lo mismo con la sup. de piedra opuesta à la OS; y cortando à la larga en toda la piedra los segmentos POV;&VY, quedará perfecta la piedra como se deseaba.



historia, nos ha permitido estar en las mejores condiciones para la recuperación de nuestro patrimonio. Podemos concluir con una frase del profesor Rafael Valldecabres Gómez que resume la importancia que la Representación Gráfica tiene en la transmisión de la arquitectura como fenómeno cultural: *Si consideramos a la arquitectura, en*

*su esencia misma de disciplina creativa, como hecho comunicacional cultural, debemos tener en cuenta que, el conocimiento y aprendizaje de la arquitectura y en último término su valoración y difusión como hecho cultural, depende en gran modo de su representación gráfica. (imágenes 38, 39, 40 Y 41).*



## Bibliografía

- AA.VV. Plan Director de la Iglesia y del conjunto medieval de San Juan del Hospital de Valencia. Noviembre 2002, Valencia.
- BRAVO NAVARRO, MARTÍ. *Iglesia de San Juan del Hospital" Historia de una joya arquitectónico-religiosa de Valencia*. Comisión Histórico-Artística de San Juan del Hospital. Valencia, 2000
- ERLANDE, PÉRNOD, GIMPEL, BECHMANN. *Villard de Honnecourt. Cuaderno. Siglo XIII*. Ed. Akal S.A. Madrid, 1991
- FERNÁNDEZ SALAS, J. *Geometría y función estructural en cantería. La cantería y la estereotomía de la piedra en el aprendizaje del arte de construir y otras consideraciones*. Actas del primer congreso nacional de Historia de la Construcción (Madrid 19-21 sep. 1996) Ed. Instituto Juan de Herrera, Madrid, 1996.
- GASCÓ PASCUAL, L. *Relació de L'Ordre de Malta amb Sant Joan de L'Hospital*. LXXXVI Jocs Florals. Premi "Navarro Reverter". Valencia, 1969
- GENTIL BALDRICH, J.M. y RABASA DÍAZ, E. *Sobre la geometría descriptiva y su difusión en España*, Ed. CIC, Madrid 1999.
- LORCA, F. *Una fundación del siglo XIII, San Juan del Hospital*. Prometeo. Valencia, 1930
- LORCA, F. *San Juan del Hospital de Valencia*. París-Valencia. Valencia, 1995
- LORENTE, T. *Sus monumentos y artes. Su naturaleza e historia*. Barcelona. T.I. pp.747-752. Valencia, 1887
- MARIAS, F. "Trazas, trazas, trazas: tipos y funciones del dibujo arquitectónico" *Juan de herrera y su influencia* (Actas del Simposio) Universidad de Cantabria. Fundación Obra Pía Juan de Herrera, Santander 1993.
- NAVARRO FAJARDO, J.C. *Bóvedas valencianas* Tesis doctoral. Universidad de Valencia. 2004.
- ORDEIG COSINI, M. - FERNÁNDEZ CANET, M. *Guía del Museo del Conjunto de San Juan del Hospital de Valencia*. Comisión histórico-artística de San Juan. Valencia, 1999
- ORDEIG CORSINI, M. *Constanza Hohenstaufen. Emperatriz de Grecia*. Comisión histórico-artística de San Juan del Hospital. Valencia, 2000
- PALACIOS GONZALO, J.C. *Trazas y cortes de cantería en el renacimiento español*. Ed. Munilla-leria. Madrid, 2003.
- RABASA DÍAZ, E. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XX*. Akal, Madrid, 2000.
- RUIZ DE LA ROSA, J.A. *Traza y simetría de la arquitectura en la antigüedad y medievo*. Universidad de Sevilla. Sevilla, 1987.
- SOLER SANZ, F. *Trazados octogonales*. Ed. PP, Valencia, 1989.
- VALLDECABRES GÓMEZ, R. *Estructura geométrica de las superficies arquitectónicas*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 1988.
- VV.AA. *Tratado de rehabilitación. Tomo IV: Patologías y técnicas de intervención. Fachadas y cubiertas*. D.C.T.A. U.P.M. Madrid, 1999-2000.
- ZARAGOZA CATALÁN, A. *Arquitectura Gótica Valenciana, siglos XIII-XV Tomo I*. Generalitat Valenciana, Conselleria de Cultura i Educació, Direcció Territorial de Promoció Cultural i Patrimoni Artístic. València, 2000.