

La bóveda de la Puerta de los Leones de la Catedral de Toledo

Jose Carlos Palacios Gonzalo
Marcos Arnanz Ayuso
María Escalada Marco-Gardoqui
Diego Martínez Moreno

La llamada Puerta de los Leones es la última de las puertas en construirse en la catedral de Toledo, para Chueca (1975) esta puerta es el mejor conjunto estatuario hispano-flamenco del siglo XV. Se ejecuta siendo el arzobispo Don Alonso Carrillo de Acuña, a mitad del siglo XV, entre 1452 y 1465, su construcción fue dirigida por el maestro Hanequin de Bruselas. Está documentado que bajo la dirección de Hanequin trabajaron en la puerta un grupo de escultores, unos de origen flamenco y otro de origen español: trabajaron como maestros sus hermanos Egas y Antonio Martínez, su cuñado Alfonso y Pedro Guas (figura 1).

Junto a ellos se menciona a los oficiales Juan y Alfonso, que eran criados de Hanequin; Gonzalo y Pedro Polido, criados de Antonio Martínez; el famosísimo Juan Guas, hijo de Pedro Guas; Antonio, criado de Benito Martínez; Francisco y Antón, que eran criados del Cristóbal Rodríguez que, a su vez, era el aparejador de la obra; Juan, hijo de Juan Sánchez; Francisco, hijo del aparejador Cristóbal; Alfonso de Valderrobro, Francisco de Egas, Alfonso de Mesa, Gutierre de Toledo, Juan Blachar, Juan de Ávila y Juan de Salamanca (Azcárate 1962).

Tal y como conjeturan Azcárate (1962) y Parro¹ (1978) probablemente existió una puerta anterior a la existente en la fachada sur, era la llamada puerta de la Alegría y del Sol, en el mismo sitio donde hoy se erige la Puerta de los Leones. La supuesta puerta inicial se construyó a finales del siglo XIII, ya que en ese siglo se estaba terminando el hastial del crucero y

como indica Zarco del Valle Mata² (1994) de ella se reutilizaron diversos trabajos escultóricos como la escena de la Coronación de la Virgen que actualmente se ubica encima de la puerta de Santa Catalina en la parte interior que da a la catedral (Azcárate 1948). Esta escultura parece poco coherente colocada en actual ubicación y parece más lógico que su procedencia sea de portada dedicada a la Virgen, como es la de la fachada sur.

Para Vicente Lampérez³ (1908) La puerta sigue las mismas pautas que la Puerta del Perdón; aunque sea posterior, se utiliza en su diseño la misma composición que las puertas construidas en la época de apogeo del estilo gótico hispano.

La puerta se reforma en el lado que da al interior de la Catedral en el primer tercio del siglo XVI, como bien indica Marías (1983) construyéndose el Órgano del Emperador, siendo Covarrubias el encargado de la galería del Órgano y Nicolás de Vergara o Diego Alcántara el encargado de las vidrieras del gran rosetón renacentista que corona la fachada.

Entre 1783 y 1785, en época del Cardenal Lorenzana, la puerta tuvo que ser restaurada debido en gran parte a los problemas de deterioro que estaba padeciendo la piedra con la que estaba construida, la restauración fue dirigida por el arquitecto Eugenio López Durango. La reforma esencialmente radicó en la eliminación de la arquivolta exterior, ya que según Mata (1991) hay evidencias de que hubo una cuarta arquivolta, y también la eliminación del gablete que se presume existía y debía de ser extremadamente



Figura 1

Imagen de la Puerta de los Leones e la catedral de Toledo, puede apreciarse la doble bóveda de terceletes con que resuelve el espacio entre la puerta y la arquivolta (foto autores).

apuntado ya que seguiría la línea que le marcaban los arcos. Se construyeron los dos contrafuertes que bordean la puerta, el muro que sube hasta el rosetón y el frontón triangular.

LA NUEVA PUERTA

No conocemos las razones que motivaron el cambio de la antigua puerta por la que hoy conocemos, tampoco el exacto diseño de la puerta precedente; sin embargo, podemos aventurar algunas hipótesis. Si se prolonga hacia el interior el potente conjunto de arquivoltas todavía existentes, es evidente que el hueco en fachada se reduciría notablemente, hasta el punto en que sólo podría dar cabida a una puerta. Quizás la necesidad de una doble puerta procesional pudo motivar las obras para dotar a este acceso de la catedral de una entrada más acorde con las nuevas necesidades.

La obra, por tanto, requeriría eliminar parte de las arquivoltas interiores para ensanchar el espacio de entrada, esta demolición creaba un área entre la fachada de la catedral y las arquivoltas estrecho y rectangular. El espacio resultante pudiera parecer de medidas caprichosas: 5,85x1,95 m, sin embargo, su medida en pies⁴ revela un espacio perfectamente determinado: 7x21 pies, es decir es tres veces más largo que ancho (figura 2B). Para cubrir este espacio, lo más inmediato y sencillo hubiera sido una bóveda de cañón apuntada o quizás, una bóveda de tercele-

tes de cinco claves; aunque, dado lo desproporcionado de la planta, podía llevar terceletes y contra terceletes en la dirección alargada y sencillos terceletes en la dirección más estrecha, es decir una bóveda de siete claves.

Sin embargo, el arquitecto, fiel al espíritu del gótico tardío se ve impulsado a buscar la solución más imaginativa y extraordinaria. El maestro Hannequin de Bruselas se decide por resolver este angosto espacio con una bóveda doble, simétrica y extraordinariamente ingeniosa. Divide en primer lugar el rectángulo de la planta en dos partes y, en cada uno de los lados imagina una bóveda sin diagonales, sólo con terceletes. Para dibujar esta crucería coloca en el centro de cada rectángulo un pequeño círculo de un pie de diámetro y desde los vértices del rectángulo traza líneas tangentes hacia este círculo central, al cruzarse, estas líneas forman un pequeño rombo que sirve para resolver el cruce de todos los terceletes. Basta con duplicar este dibujo para obtener el dibujo en planta de toda la bóveda: una bóveda de terceletes que se enlazan en un rombo central. El cruce de los terceletes se lleva a cabo por «cruceros», es decir, sin clave cilíndrica de enlace entre las nervaduras (figura 2A).

Sin embargo, lo más extraordinario de esta bóveda se revela al contemplar su volumetría. La bóveda que acabamos de dibujar se forma con ocho parejas de terceletes que necesitan seis puntos de arranque. Los terceletes de fachada requieren tres puntos de arranque, dos de ellos situados en los vértices y uno central, en el parteluz de la nueva puerta. Por otra parte,

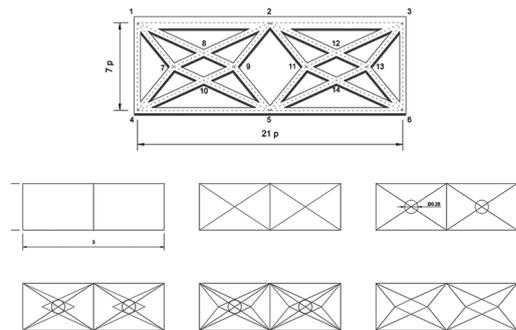


Figura 2

Trazado geométrico de la bóveda, A; planta de la misma con su diseño de terceletes y medida en pies castellanos, B (dibujo autores).

los terceletes de la arquivolta: requieren otros tres puntos de arranque, dos en los extremos y uno en la clave central de la arquivolta. Todos los puntos de arranque de la bóveda parten del mismo plano horizontal, salvo el de la arquivolta que está en la clave superior de la misma. Por otra parte, los terceletes se cruzan en el rombo central que es un elemento geométrico horizontal situado a media altura entre el plano inferior de la bóveda y la clave de la arquivolta. Es posible ahora imaginar la volumetría de la bóveda: las parejas de terceletes arrancan desde cinco puntos, se elevan y confluyen en los dos rombos horizontales y, desde este punto, dos parejas de terceletes se elevan aún más hasta alcanzar la clave central de la arquivolta. La imagen de esta portentosa bóveda la podemos contemplar en la figura 3. La bóveda por tanto tiene cinco jarjas de arranque, tiene un descansillo de enlace de terceletes y continúa hacia arriba con dos parejas de terceletes hasta alcanzar la clave superior de la arquivolta.

Determinar la altura de todas las claves pudo llevarse a cabo gracias a una restitución fotogramétrica que permitieron obtener con precisión la volumetría de la bóveda⁵. Uno de los datos más interesantes fue, sin lugar a dudas, determinar la altura de la clave central de la arquivolta que resultó estar a 40 pies desde el plano de imposta, resultado de la traza de la misma: un perfecto triángulo equilátero. Otro dato fundamental fue determinar la altura de los rombos



Figura 3
Reconstrucción tridimensional de la puerta de los Leones, mostrando el intrincado encuentro de terceletes en los rombos centrales (dibujo autores).

donde se encuentran los terceletes: 37,10 pies, por tanto, casi tres pies por debajo de la clave central de la arquivolta. Con estos datos era ya posible establecer alguna hipótesis que permitiera explicar la construcción de la misma

Comencemos dibujando en alzado el gran triángulo equilátero de la arquivolta. A continuación, dibujemos los arcos formeros de fachada situados encima de las puertas, inmediatamente se observa (figura 4) que la curvatura de estos arcos es idéntica a la de la arquivolta. Esta coincidencia nos hace pensar que quizás esta bóveda pudo estar diseñada siguiendo los principios de estandarización presentes en casi todas las estructuras góticas: por complejas que sean, toda la bóveda se construye con una sola curvatura; es decir, todos sus arcos son iguales.

Veamos que sucede con los arcos formeros perpendiculares a la fachada. Son arcos extraordinariamente agudos ya que tienen siete pies en planta y alcanzan la misma altura que los anteriores: 28,5 pies. Al observar atentamente sus arranques se observa que estos arcos parten sobre un tramo vertical, es decir, que están peraltados en su base; pues bien, si ese peralte fuera de 4,9 pies, lo cual es muy verosímil,

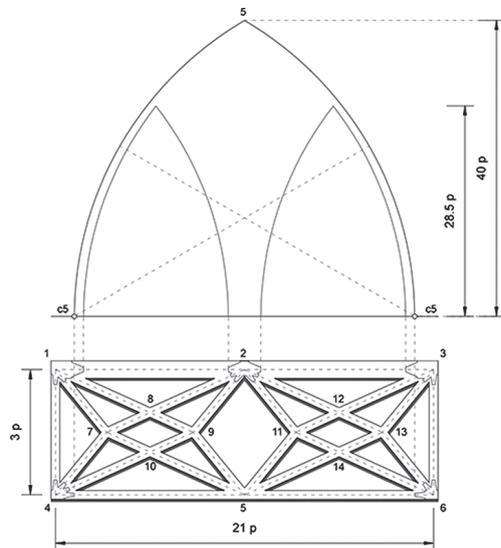


Figura 4
Traza vertical de la bóveda: el mismo arco que forma las arquivoltas se usa para trazar la pareja de formeros de fachada (dibujo autores).

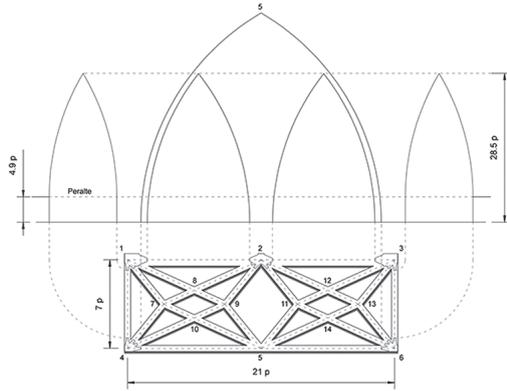


Figura 5

De nuevo, con el mismo arco, se trazan los formeros perpendiculares a la fachada, basta con peraltarlos convenientemente en su base (dibujo autores).

este arco formero tendría igual curvatura que los anteriores (figura 5).

Por tanto, todos los arcos formeros tienen la misma curvatura que es la misma que la de la arquivolta; veamos que sucede con los terceletes. Al dibujar éstos desde su punto de salida hasta la altura en el rombo central (figura 6), de nuevo descubrimos que, peraltándolos convenientemente, todos los terceletes podrían ser idénticos entre sí e iguales a los formeros; es decir, toda la bóveda podría llevarse a cabo con una sola curvatura. Por tanto, el método empleado para lograrlo, ha sido el de ir peraltando los arcos hasta alcanzar las alturas que se había definido previamente y, la curvatura con la que se ha logrado construir esta moderna bóveda, es la de la arquivolta, una estructura preexistente del siglo XIII.

Conocíamos algunos métodos usados por los maestros góticos para estandarizar las curvaturas de sus bóvedas⁶; sin embargo, esta bóveda pone de relieve un método que hasta el momento no se había identificado con claridad: los peraltes. Simplemente elevando convenientemente el mismo arco puede llegar a construirse la totalidad de la bóveda. La figura 7 muestra la impresión digital realizada de la bóveda a partir de los datos descritos anteriormente, la maqueta permite comprender con total exactitud los intrincados puntos de encuentro de los arcos entre sí.

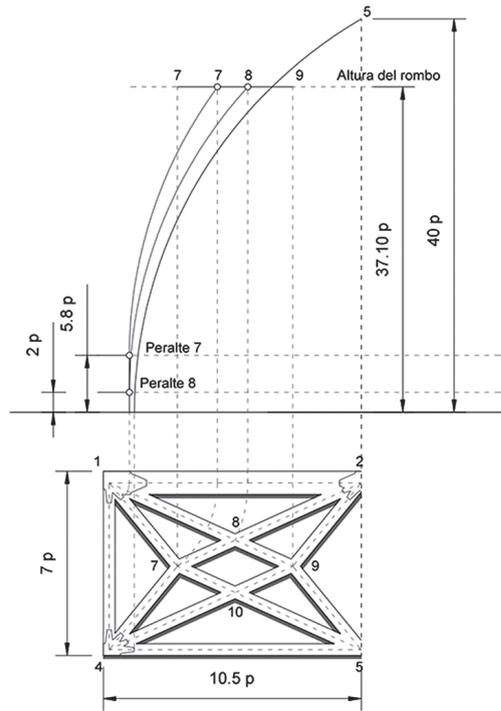


Figura 6

Una vez más, el mismo arco, el que forma la arquivolta, sirve para dar forma a los terceletes, basta con peraltarlos para



Figura 7

Reconstrucción volumétrica de la bóveda mediante impresión digital, modelo importante para comprender los difíciles encuentros entre los arcos (dibujo autores).

LA CONSTRUCCIÓN DE LA BÓVEDA

Desde hace algunos años, en la Escuela de Arquitectura de Madrid se lleva a cabo una experiencia pedagógica única; se trata de una aproximación diferente a la historiografía habitual. Parte del reconocimiento de que la historia de la construcción es una fuente de conocimiento primordial e insoslayable en el análisis de la Arquitectura histórica. Los métodos de análisis cronológicos, históricos, comparativos, estilísticos, etc., aunque imprescindibles, se revelan hoy día insuficientes para comprender la arquitectura del pasado. Si no se toma en consideración la comprensión de las técnicas constructivas que hicieron posible aquellos edificios, las conclusiones que se alcancen han de ser por fuerza insuficientes y faltas de su razón fundamental. Además, en el Taller de Construcción Gótica del Master MUCTEH en la mencionada Escuela, se lleva a cabo un método empírico de conocimiento de las estructuras medievales basado en la construcción de las mismas para extraer de este proceso la certeza de la hipótesis y multitud de detalles más que de otra forma escaparían al conocimiento⁷.

Es en este contexto en el que se procede a la construcción de un modelo a escala de la bóveda de la Puerta de los Leones. El modelo va a tener unas dimensiones de 1x3 m. por tanto, a una escala aproximada de 1:2. El proceso empieza con un dibujo a escala natural de la bóveda, en planta y en alzado: la monea; de este gran dibujo se extraerán todos los datos y medidas necesarios para la construcción de la bóveda. Conocido ya que todos los arcos tienen la misma curvatura que las arcadas de las arquivoltas, se puede dibujar y cortarse el baivel que permitirá tallar todas las dovelas idénticas. Sobre una chapa de latón o de cobre, los antiguos maestros de cantería confeccionarían el baivel, esta herramienta fundamental en cantería consistente en una escuadra de dos brazos, uno de ellos curvo, con la curvatura del intradós del arco y el otro brazo recto apuntando hacia el centro geométrico del arco. Con esta pequeña escuadra se procederá a labrar las dovelas, todas ellas igualmente curvadas y con sus caras de testa ligeramente inclinadas convergentes hacia el centro del arco (figura 8).

La segunda tarea que requiere la construcción de una bóveda de crucería es la labra de su jarjamento. Sabemos que las bóvedas de crucería comienzan con una serie de sillares horizontales, firmemente encas-

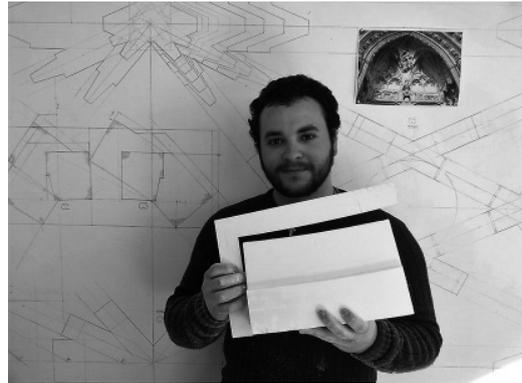


Figura 8

La estandarización de todos los arcos de esta bóveda permite que todas las dovelas sean iguales labrada con un único baivel (foto autores).

trados en los muros, que van avanzando en el vacío hasta alcanzar la altura en la que el racimo de nervios que lo forma se separa y, cada nervio, se hace independiente. Las jarjas son unas piezas imponentes que pueden alcanzar más de la mitad de la altura de la bóveda (figura 9). La labra de cada uno de estos sillares requiere conocer la sección horizontal de la bóveda en cada uno de los niveles de la jarja, con estas secciones se confeccionan una serie de plantillas, tantas como sillares compongan la jarja. A continuación, se procederá a la labra de cada sillar colocando la plantilla superior e inferior en las caras opuestas de un bloque de piedra; una vez dibujadas ambas siluetas en el sillar, se procede al enlace de ambos dibujos mediante la labra (figura 10). La confección de las plantillas de jarja es una delicada operación geométrica que requiere, en primer lugar, un exacto dibujo en alzado de la bóveda, requiere también saber abatir todos los arcos que confluyen en la jarja, superponiéndolos unos sobre otros. Este dibujo se fracciona en planos horizontales y, como si fueran curvas de nivel, en la planta, se van dibujando las siluetas que resultantes. Una operación de este tipo requiere un conocimiento y dominio de la traza geométrica absolutamente insospechado en aquellas épocas.

Por último, se procede a la labra de las claves. Esta es sin lugar a dudas la labor más delicada de todas las que constituyen la construcción de la bóveda. Antes de llevar a cabo esta tarea, cada clave ha de dibujarse en primer lugar en planta y alzado con total



Figura 9
Las jarjas de esta bóveda alcanzan una altura superior a la mitad de su altura (foto autores).

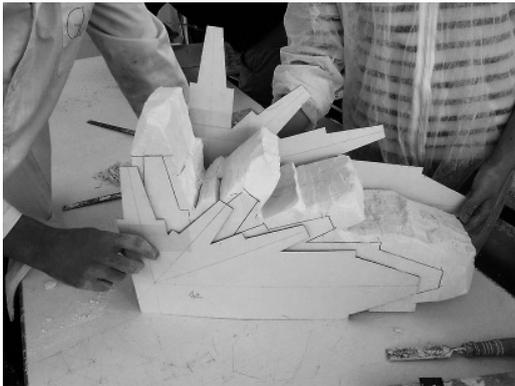


Figura 10
Cada nivel horizontal de las jarjas se obtiene con las plantillas inferior y superior (foto autores).

precisión. Posteriormente, el dibujo en planta se calca y se redibuja sobre la cara superior de un bloque de piedra; llega a ahora la parte más delicada: cortar los brazos con la exacta inclinación. La intrincada forma de esta clave se pone de manifiesto en sus secciones (figura 11). Son claves de cuatro brazos de los cuales, los dos que van a formar el rombo parten horizontales y, sin embargo, los otros dos, uno parte con un fuerte pendiente hacia abajo y el otro hacia arriba. Para proceder al exacto corte de los brazos se ha de partir del dibujo en alzado de la misma, es un dibujo en que la clave se ve con todos sus brazos

abatidos. Como puede verse en la figura 11, la clave se ha inscrito en un rectángulo que sería su sólido capaz. La labra se efectuaría «por robos» quitando la piedra sobrante que queda entre la clave y su sólido capaz, las medidas de la piedra a robar se pueden tomar directamente de éste dibujo.

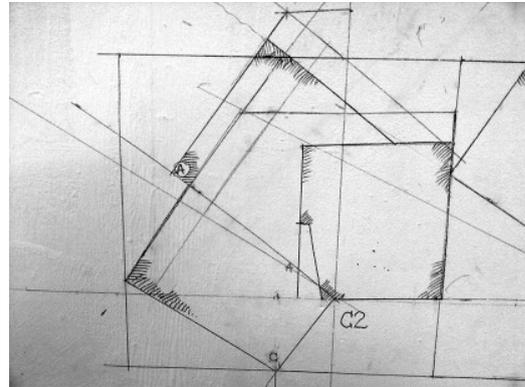


Figura 11
Alzado de una de las claves con todos sus brazos abatidos en el plano de dibujo, inscrita en un rectángulo como sólido capaz (foto autores).

El método de labra propuesto anteriormente difiere del empleado en otras ocasiones en este taller, método que podríamos llamar del «plano de referencia»; este método, descrito por Robert Willis⁸ habría sido utilizado para la labra de las claves en Inglaterra. El método consiste en conservar siempre el plano superior del sólido capaz de la clave y desde él tomar las medidas de los ángulos con que deben cortarse los brazos de las claves (figura 12). Sin embargo, en este caso, en que uno de los brazos sale hacia arriba por encima de la propia clave, hace inadecuado conservar el plano de referencia superior de la clave, ya que, conservarlo, habría producido una clave voluminosa y de enorme peso.

Con la mayor parte de las dovelas ya talladas, las jarjas y claves terminadas, la bóveda puede ya empezar a montarse. Previamente, requiere una importante obra de carpintería: las cimbras. Conocemos por Rodrigo Gil, como debían ser esas cimbras; en primer lugar, se requería una plataforma horizontal de trabajo que por regla general se situaba en el plano supe-



Figura 12
Una de las claves ya labrada por el método de los «robos» a partir del sólido capaz (foto autores).

rior de la jarjas. Como en ésta bóveda, las jarjas alcanzan una altura muy considerable, la cimbra propiamente dicha queda ya muy reducida; sobre esta plataforma, se redibujaba de nuevo la planta de la bóveda para localizar el punto exacto en que se sitúan las claves, en estos puntos se colocaban pies derechos con la altura exacta de cada clave, luego se colocaban las claves en su posición en lo alto de los pies derechos, contradiciendo así la creencia común de que las claves es la última pieza que se coloca en la bóveda. Solo cuando éstas están perfectamente colocadas se procede a construir los arcos que las enlazan entre sí (figura 13).



Figura 13
Montaje de los arcos terceletes de la bóveda (foto autores).

CONCLUSIONES

La bóveda ya construida revela su extraordinaria belleza. El maestro Hanequin podría haber optado por una bóveda más sencilla, pero el exigente espíritu con que los maestros tardogóticos se enfrentaban a su trabajo le llevó a buscar la más ingeniosa y extraordinaria de las soluciones. Sin embargo, la búsqueda complejidad de esta bóveda, en ningún momento deja de lado la técnica que le ha permitido construirla con la mayor sencillez posible (figuras 14 y 15). Esta es la grandeza de este gótico final, que lejos de ser la última fase de un estilo que se extingue, es el mo-



Figura 14
La interesante estructura de terceletes de la bóveda (foto autores).



Figura 15
Fachada de la bóveda sobre su cimbra mostrando la gran arcada de las arquivoltas (foto autores).

mento en que el gótico, superado ya el simple cruce de ojiva, alcanza los niveles máximos de belleza e ingenio constructivo.

Como resumen, la construcción de esta bóveda ha puesto de relieve dos técnicas constructivas que hasta ahora habían pasado desapercibidas. En primer lugar, la estandarización de curvaturas usando únicamente los adecuados peraltes en la base de los arcos y, en segundo lugar, la talla de claves a partir del sólido capaz en lugar de usar el plano de referencia.

NOTAS

Este trabajo es parte del proyecto de investigación «La construcción de bóvedas tardogóticas españolas en el contexto europeo. Innovación y transferencia de conocimiento», financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (BIA2013-46896-P).

1. Parro, Sixto Ramón, 1857. *Toledo en la mano*. Toledo. reed. 1978. Toledo.
2. Zarco del Valle Mata 1916. *Datos documentales para la historia del arte español. II. Documentos de la catedral de Toledo*. Madrid.
3. Lampérez y Romea, Vicente. 1999. *Historia de la arquitectura cristiana española en la Edad Media*. Ámbito Ediciones, S.A.
4. La medida del pie castellano: 0,2786 m. véase Merino de Cáceres, José Miguel. 1994. *Metrología y simetría en las catedrales de Castilla y León*. Ávila: Fundación Cultural Santa Teresa.
5. La fotogrametría, realizada con PhotScan, fue llevada a cabo por el profesor Rafael Martín Talaverano.
6. Palacios Gonzalo, Jose Carlos. Martín Talaverano, Rafael .2012. *Complejidad y estandarización en las bóvedas tardogóticas*. Anales de la historia del arte. Número especial val. 22. El siglo XV hispano y la diversidad de las artes.
7. El taller de Construcción Gótica del Máster MUCTEH es posible gracias a Diego Martínez Moreno, alumno de la ETSAM con beca de ayuda al profesorado.
8. Para la labra de claves a partir del «plano de referencia» veas Robert Willis, op cit. También, para la aplicación de este método en Rabasa Díaz, Enrique. 2005. *Construcción de una bóveda de crucería en el centro de oficios de León*. Actas del cuarto Congreso de Historia de la Construcción, vol II. Cádiz: Instituto Juan de Herrera.

LISTADO DE REFERENCIAS

- Alonso Ruiz, B. 2003. *Arquitectura tardogótica en Castilla: los Rasines*. Universidad de Cantabria. Santander.
- Azcárate Ristori J.M. 1948. *El maestro Hanequin de Bruselas*. Archivo español de Arte. Madrid. XXI.
- Azcárate Ristori J.M. 1962. *Análisis estilístico de las formas arquitectónicas de la Puerta de los Leones de la catedral de Toledo*. Homenaje a Cayetano Mergelina. Madrid
- Chueca Goitia, Fernando 1975. *La catedral de Toledo*. León: Everest.
- Mariás, Fernando 1983. *La Arquitectura del Renacimiento en Toledo*. Ed. CDIC
- Palacios Gonzalo, José Carlos. 2009. *La cantería medieval, la construcción de la bóveda gótica española*. Madrid: Munilla-Lería.
- Palacios, Jose Carlos. En colaboración con: Rafael Martín Talaverano, Sandra Cynthia Bravo Guerrero, Rocío Maira, David Rodriguez Cobos, Soraya Genin, Diego Martínez Moreno. 2015: *Taller de construcción gótica, Workshop on Building Gothic Methods*. Editorial Munilla-Lería. Madrid
- Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y Construcción en piedra, de la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.
- Torres Balbás, Leopoldo 1952. *Ars Hispaniae. Arquitectura gótica*. Ed. Plus Ultra
- Willis, Robert. 1842. *On the construction of the Vaults of the Middle Ages*. London. (reedición: Transactions of the RIBA, Longman, Brown, Green and Longmans. 1910. Reed. Instituto Juan de Herrera, Escuela TS de Arquitectura, Madrid, 2012