

# Secciones ovales en la Arquitectura Renacentista. El Palacio de Carlos V en Granada

(Recibido: 04/05/2016; Aceptado: 06/06/2016)

Salcedo Galera, M.  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Edificación  
Teléfono: 659428508  
Email: macarena.salcedo@upct.es

**Resumen.** El óvalo en la arquitectura es una solución geométrica compleja que ha sido ampliamente analizada a lo largo de la historia. Sin embargo, la comparación de las fuentes escritas con el patrimonio construido muestra que teoría y práctica no siempre van de la mano. El estudio de los tratados confirma el conocimiento en momentos concretos de la historia, mientras que el análisis de los óvalos en arquitectura aporta datos sobre la práctica constructiva. Por ello, el presente trabajo analiza tres secciones ovales del Palacio de Carlos V comparando los resultados con los trazados de los tratados, para llegar a interesantes conclusiones estableciendo evidentes relaciones entre ambos.

**Palabras clave.** Geometría, Patrimonio arquitectónico, Levantamientos, Estereotomía

**Abstract.** The oval in architecture is a complex geometric solution which has been widely discussed throughout history. However, comparing the written sources with the built heritage shows that theory and practice do not always go together. The study of the treaties confirms the knowledge in a specific time, while the analysis of ovals in architecture gives us data on the actual constructive practice. That is why this work analyses three oval sections of the Palace of Charles V comparing the results with the layouts in the treaties, in order to get interesting conclusions setting obvious connections between them.

**Keywords.** Geometry, Architectural Heritage, Surveying, Stereotomy

## 1. Introducción

Tras el gótico, en el Renacimiento se recupera la tradición de las bóvedas de cañón, siendo su sección transversal la figura clave que la define el espacio que cubre. Esta sección, cilíndrica en la mayoría de casos, debe ceñirse en ocasiones a las condiciones espaciales en las que se encuentra, ajustándose a una altura y ancho predeterminados y convirtiendo la semicircunferencia inicial en arcos de circunferencia o elementos más complejos como óvalos y elipses. Debido a estas necesidades aparecen figuras geométricas que, si bien, se usaban con frecuencia en la práctica constructiva, eran casi desconocidas a nivel teórico. Es decir, en el siglo XVI ambas figuras eran empleadas, aunque en el ámbito de la construcción arquitectónica no se usaba el término elipse y no se relacionaba su generación con uno de los tipos de sección plana de un cono. En cuanto al óvalo, los tratados renacentistas a menudo se refieren a él como “arco rebajado” o “carpanel”. En el Palacio de Carlos V en Granada encontramos secciones ovales en la mayoría de sus piezas de cantería, especialmente en sus bóvedas. La bóveda de cañón rebajada del zaguán occidental, la cripta octogonal (Fig. 1) e incluso la bóveda anular del patio son claros ejemplos donde se muestra la destreza al utilizar esta figura arquitectónica con distintas proporciones y relaciones geométricas. Es decir, nos encontramos ante bóvedas con distinta directriz que sin embargo coinciden en su generatriz de sección ovalada.



Fig. 1. Cripta del Palacio de Carlos V. Imagen de Pepe Marín facilitada por el Patronato de la Alhambra y Generalife, 2015.

Surge pues la necesidad de analizar y comparar la proporción geométrica de los distintos óvalos en las bóvedas del palacio basando el estudio en los trazados ovales propuestos por autores como Serlio, Hernán Ruiz, De l'Orme o Vandelvira.

## 2. La geometría del óvalo

Óvalos y elipses muestran una clara similitud gráfica, pero son muy diferentes en cuanto a su generación, diseño y proceso de trazado, así como las implicaciones en cuanto a su construcción arquitectónica. De hecho, el uso de óvalos en la arquitectura es mucho más común (Huerta, 2007; López Mozo, 2011).

Un óvalo es una curva cerrada convexa plana, con simetría doble ortogonal, formada por, al menos, cuatro arcos circulares tangentes. Por tanto, al trazar óvalos paralelos para configurar bóvedas con un

espesor constante para una envergadura dada es sencillo puesto que se trata de arcos de circunferencia concéntricos, de manera que estos óvalos equidistantes ya no mantienen la misma proporción entre sus dos ejes que el óvalo inicial. Todo ello facilita el trazado de juntas entre dovelas ortogonales a la curvatura del óvalo.

Por otro lado, la elipse se define geoméricamente como una sección plana obtenidas a partir de un cono; y métricamente como el lugar geométrico de los puntos del plano cuya suma de las distancias a dos puntos fijos es constante. La curvatura de la elipse, sin embargo, varía en todos los puntos, lo que complica la división en partes iguales y el trazado de líneas ortogonales para distribuir las dovelas de un arco. Además, una curva equidistante a una elipse no genera otra elipse, sino una curva de cuarto grado llamada toroide, que sólo puede ser trazada por aproximación (Huerta, 2007).

En lo que respecta a este estudio, las geometrías de los óvalos que configuran las generatrices de las bóvedas analizadas coinciden notablemente con la definición dada por Ana López Mozo (2011) de un óvalo de tres centros, es decir, una “curva formada por tres arcos de circunferencia tangentes entre sí, condición que sólo requiere para su cumplimiento que los centros de los dos arcos consecutivos y el punto de tangencia estén alineados según una recta”.

## 2.1. El óvalo en los tratados

Hay motivos para pensar que la construcción geométrica para trazar un óvalo de cualquier proporción no era conocida en el siglo XVI. Así lo documentan los tratados que han llegado hasta nosotros, que describen una serie de modelos de proporciones fijas, y proponen trazados elípticos para los casos en los que no es posible encajarlos. Los trazados de óvalos propuestos por los tratadistas quinientistas tienen proporciones fijas entre ejes, es decir, no se adaptan a cualquier relación entre luz y altura del arco o bóveda (López, 2011). Encontramos los primeros trazados de óvalos en el siglo XVI. En 1545 Serlio fue el primero en resolver el problema de trazar un arco con una altura y anchura fijas con un arco elíptico definido por una transformación afín de las circunferencias circunscritas e inscritas. Por tanto, el problema de trazar arcos de cualquier altura queda resuelto. El manuscrito del arquitecto español Hernán Ruiz de 1560 muestra una copia de los óvalos resueltos por Serlio e incluye un diseño muy interesante e inédito, ya que comienza a partir de la altura del arco y no de la envergadura (Fig. 2). En 1567 Philibert de l'Orme dibuja una sección transversal ovalada con una doble proporción entre sus ejes (Fig. 3). El manuscrito de Vandelvira (c. 1580) copia el diseño “elíptico” de Serlio, citando el autor, para resolver el problema de la adaptación de un arco a una determinada proporción.

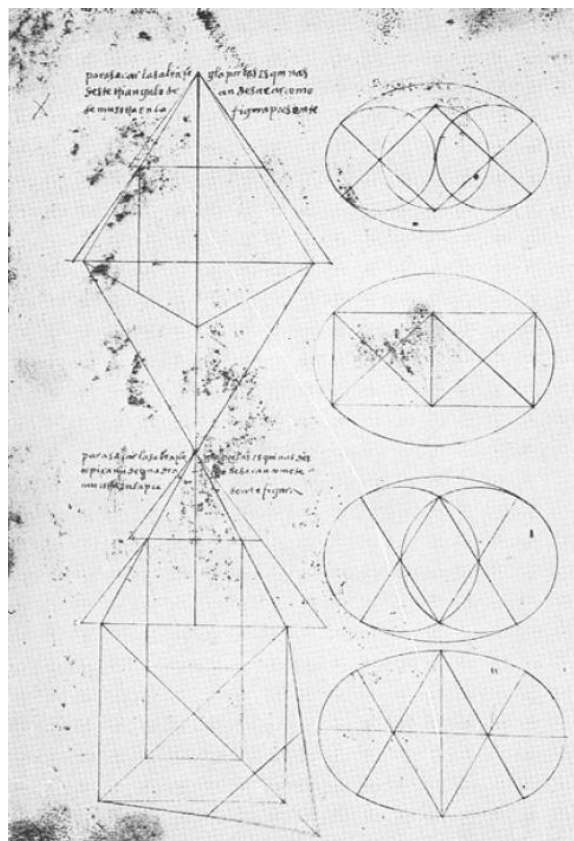


Fig. 2. Hernán Ruiz, Libro de Arquitectura, c. 1560: 24v [Navascués 1974].

Los óvalos segundo y cuarto de Serlio y los de Vandelvira y Vignola parten de la división del eje mayor en partes iguales para situar los centros de los arcos de arranque; el óvalo de Hernán Ruiz es el único que toma el eje menor como dato de partida y el segundo de Serlio no parte de ninguna de las dimensiones principales, sino de dos cuadrados de los que surge después el óvalo. La recta que une los centros forma  $45^\circ$  con la dirección horizontal en los trazados segundo y tercero de Serlio;  $60^\circ$  en el cuarto de Serlio y en los de Hernán Ruiz y Vandelvira (Fig. 4). El trazado elíptico fue resuelto por Durero, Serlio, De l'Orme, Hernán Ruiz y Vandelvira. Durero, además, incluye un procedimiento para obtener una elipse cortando un cono. Hernán Ruiz y Vandelvira copian a Serlio, pero ofrecen además dos interesantes variantes: el primero una transformación afín a partir de una única circunferencia y el segundo una solución para encajar una elipse en un paralelogramo no rectangular, también a partir de una sola circunferencia. De l'Orme y Vandelvira proponen la ejecución gráfica de la línea, una vez hallados los puntos, con arcos de circunferencia para cada tres puntos consecutivos.

Posteriormente autores como Fray Lorenzo de San Nicolás o Cristóbal de Rojas analizan estas soluciones siempre en la misma línea que los anteriores, basándose en óvalos de una cierta proporción fija, es decir, óvalos que no se pueden ajustar a unas medidas dadas.

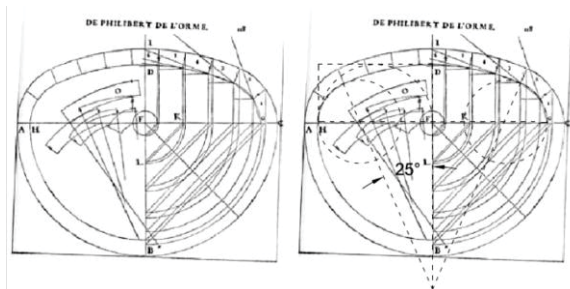


Fig. 3. De l'Orme, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567: 118. A la derecha trazado geométrico superpuesto.

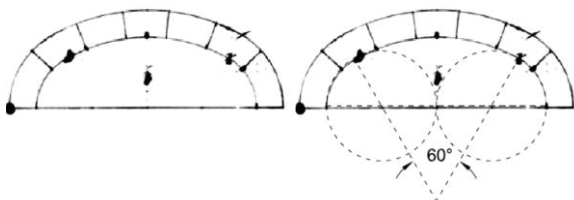


Fig. 4. Vandelvira, *Libro de Traças de cortes de pedras*, c. 1580: 18r. A la derecha trazado geométrico superpuesto.

Probablemente no es hasta el siglo XVIII cuando se resuelve el problema geométrico de trazar una sección ovalada de cualquier proporción dada. Tal vez el problema no se resolvió antes porque no era necesario puesto que los constructores resolvían la construcción de óvalos por el método de prueba y error (López, 2011).

### 3. Secciones ovals en el Palacio de Carlos V en Granada

En el Palacio de Carlos V en Granada, uno de los más notables ejemplos de arquitectura renacentista en España del siglo XVI, encontramos secciones ovals en la mayoría de sus piezas de cantería, especialmente en sus bóvedas. La secciones objeto de estudio en este trabajo son la bóveda de cañón rebajada del zaguán occidental, la cripta octogonal y la bóveda anular del patio son claros ejemplos, bóvedas con distinta curva generatriz que sin embargo coinciden en la directriz ovalada (Fig. 5).

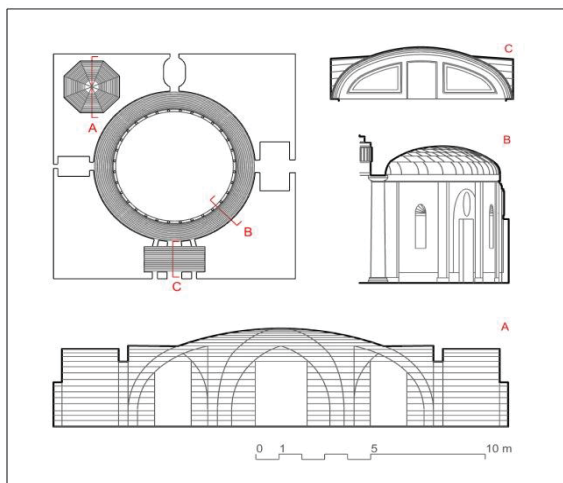


Fig. 5. Bóvedas objeto de estudio. Secciones y situación en planta.

#### 3.1. La cripta octogonal (A)

Bajo la capilla proyectada por Pedro Machuca y siguiendo la planta octogonal de ésta así como sus dimensiones, se encuentra la cripta. El espacio se cubre con una gran bóveda rebajada de lunetos que arranca desde el suelo hasta alcanzar la altura de algo más de 4,5 metros en la clave, y cuya construcción data de 1538 cuando Pedro Machuca dirigía las obras (Rosenthal, 1985). Al analizar la sección transversal de la bóveda obtenida tras el levantamiento, encontramos que el perfil de esta bóveda rebajada, dada por el plano perpendicular a su imposta, se aproxima notablemente a la definición citada anteriormente de un óvalo de tres centros. Sin embargo, probablemente por las características del espacio, no se asemeja a ninguno de las trazas contenidas en los tratados. Si tenemos en cuenta que la bóveda es anterior a los tratados, y que su configuración geométrica viene condicionada por los vértices de los lunetos como puntos de tangencia entre arcos (Salcedo y Calvo, 2015), parece razonable que no se ajuste a los trazados estudiados (Fig. 6, A).

#### 3.2. La bóveda anular del patio (B)

La bóveda anular del patio, que data de los años comprendidos entre 1562 a 1567 cuando Luis Machuca dirigía las obras (Rosenthal, 1985). La bóveda, de perfil rebajado, apoya en el interior sobre la columnata exenta que soporta un dintel curvo por un lado, y por otro en el muro perimetral del patio. Los levantamientos fotogramétricos confirman que la imposta que apoya en la columnata queda a mayor altura que la otra, por lo que la figura que se presenta es un óvalo de dos centros, con un trazado similar al clásico óvalo de tres centros en el que una de las ramas de radio menor no se materializa, en este caso, en el lado del arco adintelado de la galería. Claramente nos encontramos ante un caso de óvalo con doble proporción entre sus ejes, al igual que ocurre en el óvalo de Philibert de l'Orme (1567). De la misma manera que en este, el óvalo no parece tener una construcción geométrica controlada puesto que el eje mayor no se divide en partes iguales, y las líneas que unen el punto de tangencia con los centros de los arcos no forman un ángulo fijo con la vertical de 30° o 45° como en otros casos, sino de 35° (Fig. 7, B).

#### 3.3. El zaguán occidental (C)

La bóveda rebajada con lunetos que cubre el zaguán occidental es, de las tres piezas estudiadas, la bóveda más tardía, puesto que data de la época en la que Juan de Mijares dirigía las obras teniendo como aparejador a Juan de Vega, ambos maestros canteros, entre los años 1580 y 1612. De los cuatro zaguanes abovedados que dan acceso al Palacio, probablemente el occidental es el más relevante espacial y geoméricamente. También es, quizás, la que más dudas suscita a simple vista. Sin embargo el

estudio geométrico llevado a cabo sobre los levantamientos realizados no deja lugar a dudas de que nos encontramos nuevamente ante una sección oval. En este caso el trazado no coincide con exactitud con los tratados, sin embargo posee una proporción de 1:1,5 entre ejes, así como rasgos contenidos en óvalos anteriormente analizados en los tratados: la recta que une los centros y el punto de tangencia forma un ángulo de  $60^\circ$  con la horizontal, al igual que el cuarto óvalo de Serlio, el de Hernán Ruiz o el de Vandelvira (Fig. 8, C).

## 4. Conclusiones

Resulta interesante comprobar que bóvedas con trazados similares en su sección recurren a distintas soluciones para materializar su construcción. Como se deduce de este estudio, a pesar de ser secciones ovales, en cada una de las bóvedas se recurre a una proporción geométrica distinta en lo que respecta a la relación entre ejes, así como la relación entre los arcos que los conforman.

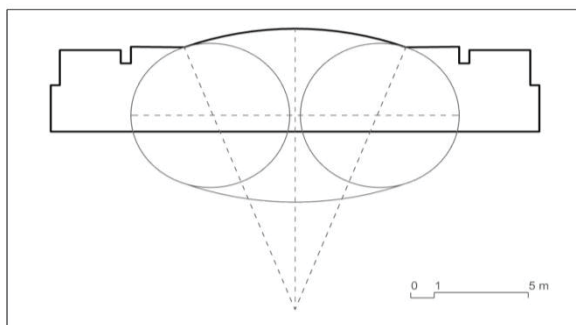


Fig. 6. Cripta del Palacio (A).

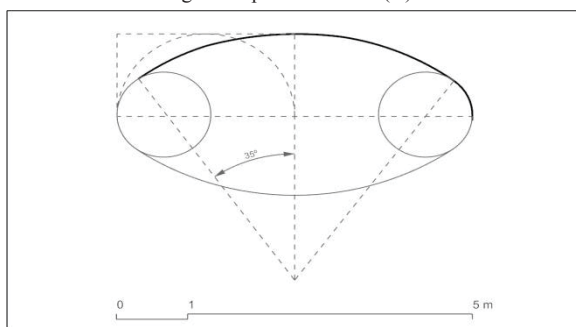


Fig. 7. Bóveda anular del patio del Palacio (B).

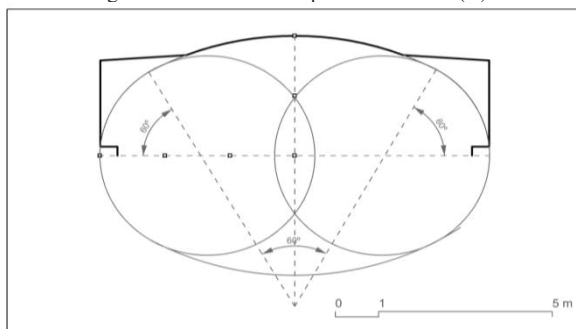


Fig. 8. Zaguán occidental del Palacio (C).

Destaca la evolución de los trazados empleados, puesto que la bóveda de la cripta, la primera en realizarse y anterior a los tratados, recurre a la métrica y a la disposición de los lunetos para configurar la geometría del espacio, seguramente por el método de prueba y error. Por el contrario, conforme avanzamos en el tiempo, las secciones ovales van evolucionando en un intento de seguir las directrices marcadas en los tratados, primero la bóveda anular con un sistema de doble proporción de ejes, y por último la bóveda del zaguán, donde el sistema es algo más complejo alineando la recta que une los centros de los arcos a  $60^\circ$  sobre la horizontal, como sucede en los óvalos de Hernán Ruiz o Vandelvira. Estos datos suponen un importante punto de partida y asientan las bases de una hipótesis interesante, susceptible de ser estudiada en profundidad en futuros trabajos.

## Agradecimientos

Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación “Arquitectura renacentista y construcción pétrea” (19361/PI/14) de la Fundación Séneca – Agencia Regional de Ciencia y Tecnología, y ha sido financiado gracias al programa PMPDI-UPCT 2015. Mi gratitud al Patronato de la Alhambra y Generalife por las facilidades ofrecidas para realizar el trabajo, así como por la documentación aportada.

## Referencias

- [1] Huerta Fernández, S. (2007) “Oval Domes: History, Geometry and Mechanics” Nexus Network Journal, pp. 211-248, vol. 9.
- [2] López Mozo, A. (2011) “Ovals for any given proportion in Architecture: A Layout Possibly Known in the Sixteenth Century”. Nexus Network Journal, pp. 569-597, vol. 13.
- [3] Rosenthal, E. E. (1985) *The Palace of Charles V in Granada*. Princeton: Princeton University Press.
- [4] Ruiz, Hernán el Joven. [(1560) 1974] *Libro de Arquitectura*. Madrid: Biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
- [5] Salcedo Galera, M; Calvo López, J. (2015) “Los primeros lunetos en cantería de los tiempos modernos. Sobre la bóveda de la cripta del Palacio de Carlos V en Granada”. Actas del I Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción, pp. 1551-1559, vol. 3.
- [6] Vandelvira, A. [(1580) 1988] *Libro de Trazas de cortes de Piedras*. Albacete: Caja Provincial de Ahorros de Albacete.