

### **Form and construction in brick vaults. The cases of Ocaña Fountain and Toledo City Hall**

*Toledo City Hall and Ocaña Fountain, both works related in some way to Juan de Herrera, feature porticoes, of unknown authorship, with a series of brick vaults by slices, that is, with the main plane vertical or slightly pitched and the header face on the intrados, according to a very old craft technique which used no formwork. The article compares the two works on the basis of a precise survey and systematically analyses the brick arrangement, deepening in details that go beyond the mere bond description. It shows that, while those of Toledo present a conventional execution, in those of Ocaña the brick order is exceptionally regular and constant, and that the effort involved is consistent with the classical stone architecture it accompanies.*

**Keywords:** *Herrera, Ocaña Fountain, Toledo City Hall, brick vaults by slices, vaults whit no formwork, sail vaults*

---

*En el Ayuntamiento de Toledo y en la Fuente Grande de Ocaña, obras ambas relacionadas de alguna manera con Juan de Herrera, encontramos pórticos, de autoría incierta, con series de bóvedas de ladrillo ejecutadas por hojas, es decir, con la tabla vertical o ligeramente inclinada y el canto o la testa visible en el intradós, según una técnica artesanal muy antigua que evita el uso de cimbras. El artículo compara las dos obras a partir de un levantamiento preciso, analiza sistemáticamente la disposición de las piezas, en detalles que van más allá de la mera descripción del aparejo, y muestra que, mientras las de Toledo presentan una ejecución convencional, en las de Ocaña el orden en la disposición de los ladrillos es excepcionalmente regular y constante y que el esfuerzo que esto supone es coherente con la arquitectura clásica en piedra a la que acompaña.*

**Palabras clave:** *Herrera, Fuente de Ocaña, Ayuntamiento de Toledo, bóvedas de ladrillo por hojas, bóvedas sin cimbra, bóvedas vaídas*

Enrique Rabasa  
Díaz

Ana López Mozo

José Calvo López

# Forma y construcción en las bóvedas de ladrillo

## Los casos de la Fuente Grande de Ocaña y el Ayuntamiento de Toledo

DOI: 10.20868/cn.2023.5191

En la arquitectura preindustrial la forma es indisociable de la construcción. Si en algunos períodos, como en la arquitectura gótica temprana y madura, las soluciones constructivas generan los elementos centrales de la forma arquitectónica, en el Renacimiento la situación se invierte y, los constructores se ven obligados a buscar soluciones tectónicas que materialicen una forma predeterminada.

Centrándonos en la arquitectura española de la segunda mitad del siglo XVI, y en concreto en el foco escorialense, son numerosos los trabajos que han analizado la construcción pétreo de este período en conexión con la voluntad formal de Juan Bautista de Toledo y Juan de Herrera; conviene recordar que uno de los colaboradores de este último, Juan de

Valencia, estaba en posesión de una copia del manuscrito de Alonso de Vandelvira.

Por el contrario, apenas existen estudios que traten de la construcción en ladrillo en este foco. Resulta por tanto muy atractivo analizar desde el punto de vista geométrico dos construcciones de la segunda mitad del siglo XVI atribuidas al entorno de Juan de Herrera, las bóvedas del basamento del Ayuntamiento de Toledo y las de la Fuente Grande de Ocaña (figura 1). En ambos casos se trata de galerías de bóvedas vaídas, una disposición que, aun contando con precedentes medievales, alcanza gran difusión en el Renacimiento a partir de su empleo por Filippo Brunelleschi y sus colaboradores en las naves laterales de San Lorenzo y Santo Spirito de Florencia.

Tanto el basamento del Ayuntamiento de Toledo como los pórticos de la Fuente Grande se construyen en granito con series de bóvedas de ladrillo en el interior, que son aproximadamente vaídas de planta rectangular, de las llamadas por hojas (figuras 2 y 3).<sup>1</sup> Se ha denominado así, «por hojas», a un tipo de bóveda de ladrillo que se construye sin necesidad de cimbras, pero según un sistema muy diferente al de las conocidas bóvedas tabicadas.

En las bóvedas por hojas los ladrillos se disponen con las tablas verticales o ligeramente inclinadas, en hiladas según arcos delgados que muestran en el intradós testas o cantos. Antes de cerrar cada hilada, los ladrillos se mantienen en su lugar gracias a la adherencia del mortero de cal; al contrario de lo que ocurre con las tabicadas, no es el rápido endurecimiento del yeso lo que permite el avance sin cimbra.<sup>2</sup> Se hicieron bóvedas de este tipo ya en la Antigüedad, pero es en Bizancio cuando la técnica experimenta un extraordinario desarrollo, y después

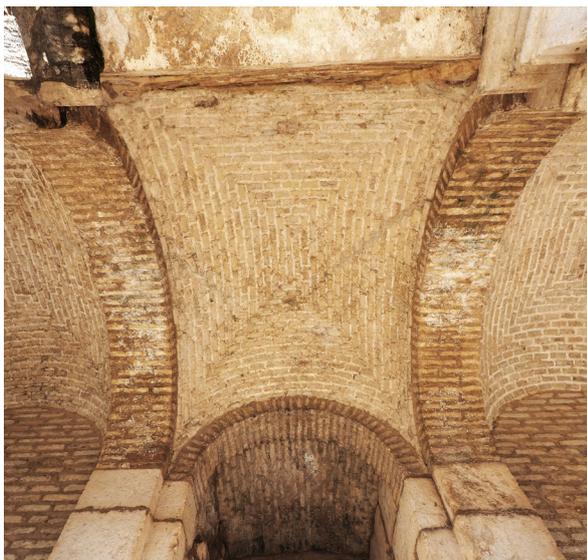
**Figura 1.** Módulos de los pórticos del Ayuntamiento de Toledo (arriba) y la Fuente de Ocaña (abajo).



Catedrático,  
Universidad Politécnica  
de Madrid.

Profesora Titular,  
Universidad Politécnica  
de Madrid.

Catedrático,  
Universidad Politécnica  
de Cartagena.



**Figura 2.** Una de las bóvedas del Ayuntamiento de Toledo.

**Figura 3.** Una de las bóvedas de la Fuente de Ocaña.

se extenderá por el Mediterráneo; en la mitad sur de España hay una gran cantidad y fueron muy comunes en Toledo (López Mozo *et al.* 2021). Siendo obra de albañilería y muy dependiente de la destreza del operario, han sido poco estudiadas en sus detalles. Si las tabicadas han sido mencionadas en obras escritas como la de Fray Lorenzo de San Nicolás, en cambio no se encuentran referencias a las bóvedas por hojas en la tratadística culta antes del siglo XIX.

Este trabajo busca encontrar similitudes o diferencias entre las dos construcciones mencionadas, estudiando su forma general y el orden de sus aparejos. Para eso se ha realizado un levantamiento de ambas series de bóvedas. A partir de una toma de datos por fotogrametría automatizada y escáner láser, se ha obtenido un modelo digital tridimensional texturizado a modo de réplica de la realidad, sobre el que se han definido alineaciones, curvas de nivel y secciones. El análisis ha descendido al detalle de la disposición precisa de los ladrillos, más allá de la mera descripción del tipo de aparejo, lo que no es frecuente en el estudio de este tipo de fábricas.

### Ayuntamiento de Toledo

La construcción del actual Ayuntamiento de Toledo comienza en 1574. En noviembre de este año el capítulo municipal acuerda que los comisarios de la obra y el corregidor traten y resuelvan sobre las trazas junto con Juan de Herrera y otros arquitectos.<sup>3</sup> Por Bartolomé Cossío (1995) tenemos noticia de una serie de documentos en los que Juan de Herrera especifica el proyecto. Incluían dibujos, que no se

han conservado, y entre ellos una planta general tomada al nivel de las bóvedas que nos ocupan, un detalle de esta planta y un «perfil particular» de dichas bóvedas. Aunque no conocemos el perfil, no es probable que diera puntual descripción del aparejo de albañilería. De hecho, la parte denominada «Cosas que se han de advertir para la buena ejecución de la obra», no hace apenas referencia a la ejecución de las bóvedas de planta baja, en contraste con el detalle con el que se tratan otros elementos de la obra; en otro lugar se dice que la bóveda baja ha de ir jaharrada, es decir, revocada. Figuran junto a Herrera los nombres de los arquitectos Nicolás de Vergara (hay que entender que el hijo, puesto que el padre fallece en 1574) y Manuel Álvarez. Se citan también distintos artesanos, entre los que merece la pena destacar a los alarifes García de León, Juan de Orduña, Juan del Valle y Miguel Sánchez. En los primeros años del siglo XVII, el doctor Pisa alude a un frente bajo el cual hay nueve casas pequeñas para los escribanos del número. Por tanto, las bóvedas que nos ocupan son anteriores a los dos últimos cuerpos de la obra, ejecutados por Jorge Manuel Theotocópuli entre 1613 y 1618. (Bartolomé Cossío 1905, Marías 1983-86, vol. 4: 8-12)

El pórtico contiene una serie de nueve bóvedas de planta rectangular. En cada bóveda los arcos de las embocaduras en el lado corto son semicirculares, y los del lado largo son ovales. Los ladrillos son de longitudes muy variables y muestran en el intradós la soga o el tizón. Las hiladas forman rectángulos en planta, cada vez de menor dimensión, a partir de los arcos sustentantes perimetrales, dando lugar a cuatro sectores, dos con

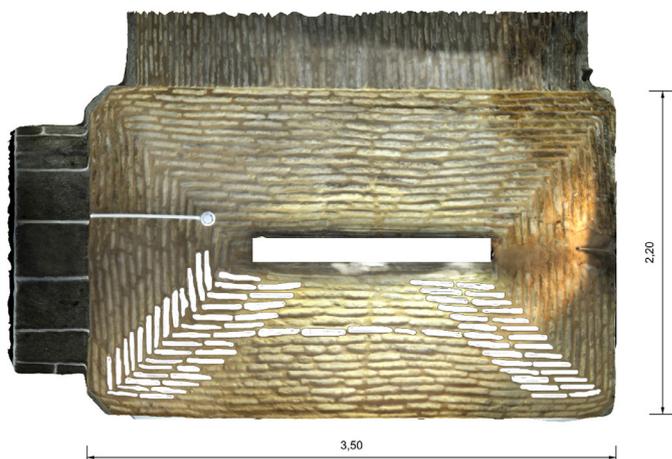


**Figura 4.** Curvas de nivel en una de las bóvedas del Ayuntamiento de Toledo.

hiladas más cortas y otros dos con hiladas más largas. Las líneas del canto visible de los ladrillos y los tendeles que forman estos rectángulos se encuentran en planos aproximadamente verticales. Los arcos perimetrales son de granito en los lados cortos; en los largos son de ladrillo, pero partiendo de un salmer de granito que es solidario en una sola pieza con contiguo del lado corto.

La enjuta de arranque de la bóveda se forma en el salmer común mencionado; es una pequeña superficie de granito que enlaza los dos arcos que convergen en el ángulo; el ladrillo se retrasa ligeramente respecto a esta superficie, lo que evidencia que se pensó en el revoco antes mencionado. Tanto esa pequeña superficie de arranque como la zona de ladrillo que continúa sobre ella forman una especie de pechina, de la que el levantamiento ha podido mostrar que los cortes horizontales son rectas (figura 4). En el caso de la parte tallada en piedra, es fácil imaginar que la comprobación de la labra se hizo observando

**Figura 5.** Disposición de los ladrillos en los encuentros de sectores en una de las bóvedas del Ayuntamiento de Toledo.



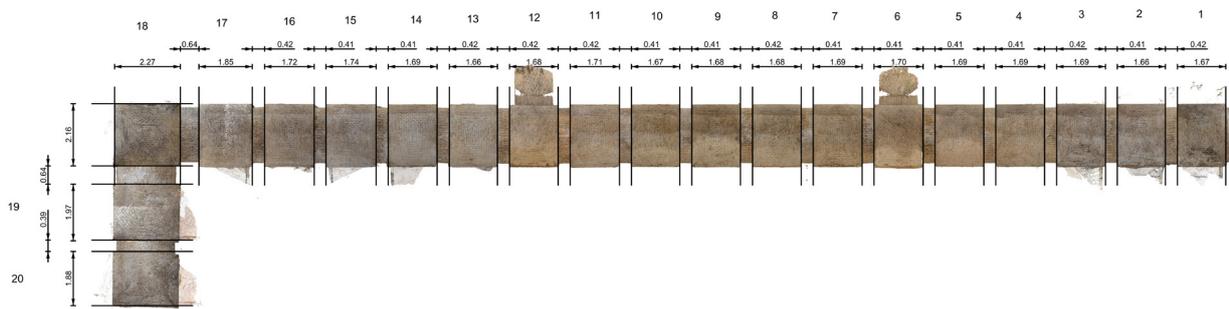
direcciones rectas entre los bordes de los arcos. Es posible que la zona de ladrillo se continuara con el mismo sistema de comprobación, materializando rectas con cuerdas entre los dos arcos. Como consecuencia, la forma general de la bóveda es más rebajada de lo que correspondería a una bóveda vaída imaginada como superficie de revolución alrededor del eje longitudinal.

En el encuentro entre las hiladas largas y cortas es difícil determinar el orden de colocación. En cualquier caso, esa línea zigzagante de encuentro entre hiladas está formada por ladrillos montados en espina de pez (figura 5). Al ladrillo inicial de cada hilada sigue otro de longitud semejante, y así sucesivamente, apareciendo otros más cortos hacia el centro de la hilada. Eso ocurre en las cuatro esquinas, a pesar de las diferencias de longitud de las hiladas, lo que indica que cada hilada se tendió avanzando a partir de los extremos y cerrando, si era necesario, con uno o dos ladrillos cortados. El hecho de que las dimensiones de los ladrillos son muy variables y de que las hiladas se cierran en la parte central con ladrillos cortados, impide que el orden iniciado en las espinas de pez se extienda de manera regular a todo el sector.

La disposición de los ladrillos en cada hilada desde los extremos hasta el centro es común en las bóvedas de ladrillo por hojas que se ejecutan hoy día,<sup>4</sup> y se explica por el hecho de que, antes de cerrar el arco que forma cada hilada, dos ramas cortas ofrecen menos peligro de deslizamiento que una muy larga.

### Fuente de Ocaña

La construcción de la Fuente Grande o Nueva de Ocaña comienza en los años setenta del siglo XVI. En 1573 está abierta la zanja para la galería de captación, y en 1576 la fuente propiamente dicha estaba en construcción (Coppel y Almagro 1977; ver también Díaz-Marta 1992). El ingeniero que reconoce la mina es Baltasar de San Juan; se nombra maestro mayor a Blas Hernández y aparece como alarife Francisco Sánchez. San Juan, Hernández, y sobre todo, Sánchez, habían desempeñado puestos relevantes en la construcción de la presa y estanque de Ontígola, bajo la dirección de Juan Bautista de Toledo primero y de Jerónimo Gili después, y donde Juan de Herrera tiene una intervención concreta, cuando la obra ya estaba casi terminada (Coppel y Almagro 1977, Rivera y García Tapia 1985, García Tapia 1990: 421-423,



Díaz-Marta 1992). Estas vinculaciones, así como razones estilísticas y el rigor del sistema de proporciones, han llevado a sugerir la posibilidad de una traza de Herrera para la Fuente Nueva; Marías (1983-1986, vol. 4: 191-192) también recoge esta hipótesis, basándose en la presencia de Herrera en Aranjuez.

#### Forma general

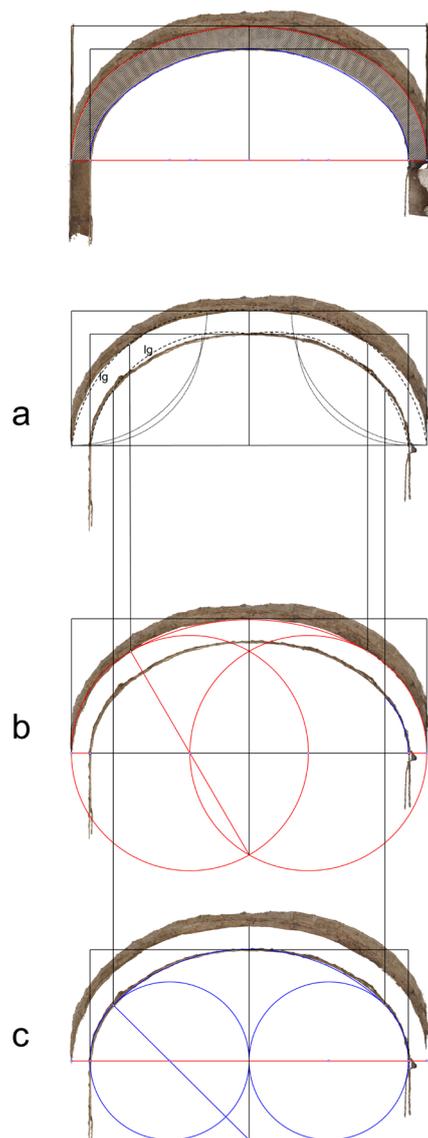
En los lavaderos de Ocaña existe una serie de diecisiete bóvedas rectangulares similares entre sí, más una casi cuadrada en un extremo, y otras dos que forman una pequeña ala en sentido perpendicular a la primera (figura 6). También hay dos grandes bóvedas cuadradas subterráneas.

Todas ellas son vaídas y de ladrillo, aparentemente de mejor calidad que las del Ayuntamiento. Si lo habitual en este tipo de bóvedas es que los tendeles o separación entre hiladas sean mayores que las llagas o separación entre piezas, llegando estas a desaparecer en algunos casos, en las bóvedas de Ocaña los dos espesores de junta son semejantes. En el levantamiento se ha advertido que no están siempre perfectamente escuadradas en planta, pero las pequeñas desviaciones son sólo notables en las dos del ala corta de los lavaderos.

En la serie larga, las embocaduras de las bóvedas son circunferencias en el lado corto y óvalos en el largo, como en el Ayuntamiento de Toledo. Se apoyan sobre dinteles de piedra en el frente del pórtico y en un muro en la parte trasera. Están separadas entre sí por arcos perpiaños de ladrillo, de un pie y medio de anchura. En los frentes o testas de estos arcos, entre el intradós del arco y el arranque de la bóveda, se puede ver un canto de medio pie de ladrillo, sobre el que hay un relleno variable de mortero, de manera que las líneas superior e inferior de este canto aparente de los perpiaños no son realmente equidistantes, aunque lo puedan parecer a primera vista.

Estas dos líneas que limitan el canto visto de los perpiaños son óvalos que se ajustan con mucha aproximación a dos de los trazados por Serlio (figura 7), tanto en el trasdós (figura 7b) como en el intradós (figura 7c). En la figura 7a se ofrece también para cada óvalo la llamada construcción de Ragazzo (Mazzotti

**Figura 6.** Ortofoto que muestra la planta de las bóvedas del pórtico de Ocaña.



**Figura 7.** Trazados de los arcos perpiaños. En **a**, determinación de los puntos teóricos de transición entre curvaturas del óvalo. En **b** y **c** posibles trazados de óvalo para el trasdós e intradós respectivamente.

2014) que marca el lugar geométrico de las posiciones de los puntos de tangencia para todas las parejas de arcos que pueden conformar un óvalo de proporciones dadas (línea de trazos *lg*); trasladado a los óvalos hipotéticos 7c y 7d, encaja razonablemente con el levantamiento, lo que apoya la hipótesis de los trazados serlianos.

La mayor parte de las bóvedas históricas sobre planta oval o elíptica construidas o dibujadas han sido pensadas como superficies de revolución alrededor del eje longitudinal de la planta. Esto es lo común para bóvedas sobre planta oval o elíptica y también para las vaídas que resultan de cortar las anteriores por planos verticales, para adaptarlas a una planta rectangular. Para comprobar si este es el caso, se ha modelado una bóveda hipotética sobre un rectángulo como el de las bóvedas reales. Aunque hay muy pequeñas variaciones entre ellas, se ha tomado concretamente la planta de la sexta bóveda (están numeradas en la figura 6), para hacer precisa la comparación. En ese modelo las alturas de las claves de los arcos del lado menor y el mayor no son exactamente iguales, difieren en un centímetro y medio, pero en los modelos resultantes de la fotogrametría de la bóveda real se aprecia también una diferencia semejante. En efecto, este debe ser el resultado si suponemos determinada la proporción de la planta y el trazado del óvalo del lado largo de la manera que hemos explicado.

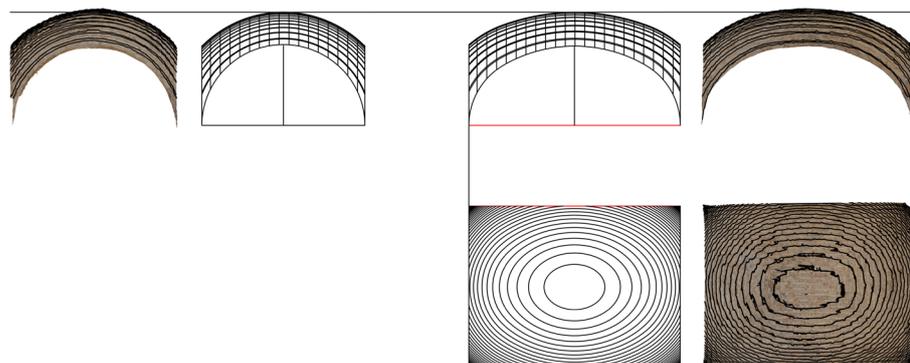
El modelado hipotético ha consistido en establecer la superficie de la bóveda como una revolución de los puntos del arco oval vertical del lado largo (el óvalo de la figura 7c) alrededor del eje longitudinal de la planta. Del modelo generado y del resultante del levantamiento fotogramétrico se han obtenido las curvas de nivel. La apariencia de ambos coincide en las tres direcciones principales (figura

8), si bien, como se puede ver, la altura en el punto central de las bóvedas reales es algo mayor, unos 3,3 cm. Esta regularidad y coincidencia con un modelo son una excepción para las bóvedas de este tipo que los autores han estudiado en España (López Mozo *et al.* 2021, Natividad-Vivó *et al.* 2021, y otros trabajos en preparación sobre bóvedas extremeñas y portuguesas). Para alcanzar esa regularidad, se puede pensar en la disposición controlada de los ladrillos mediante un cintrel o algo similar, que garantice la distancia de las piezas al eje de giro. De esa manera, sería relativamente sencillo obtener una superficie de revolución en los sectores triangulares de la bóveda, los que están entre las espinas de pez de encuentro de las dos direcciones de hiladas. El giro del cintrel marcaría la posición de todos los ladrillos de estas hiladas cortas transversales. Pero en la zona central, donde solo hay hiladas longitudinales, sobre planos paralelos a los lados mayores de la planta, se haría más difícil. Quizá esto explique la muy ligera diferencia de altura entre el modelo teórico y el real.

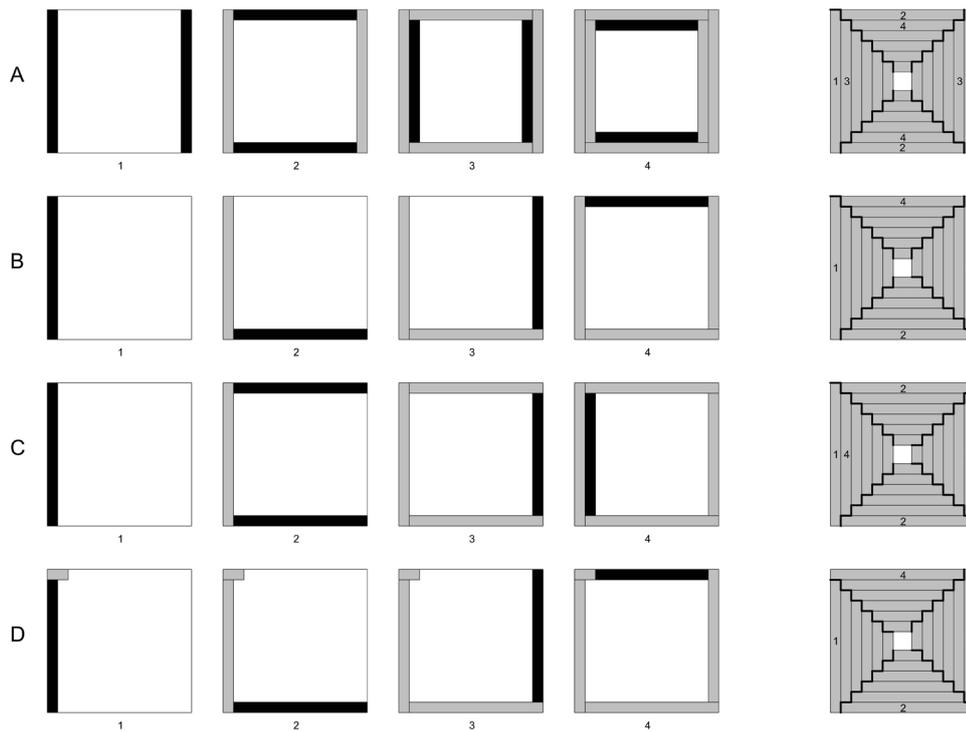
#### *Aparejo del ladrillo*

Como hemos dicho, las hiladas longitudinales y transversales se corresponden formando figuras rectangulares en planta. En este caso ha sido más fácil determinar el orden de colocación, ya que es posible observar desde el perímetro la manera en que suceden los rectángulos y se montan los ladrillos en la espina de pez.

Si se hacen corresponder las hiladas largas y cortas desde el perímetro hasta el centro tendremos lo que en el mundo de los cortes de piedras se hubiera llamado «hiladas cuadradas», es decir, rectángulos concéntricos. Suponiendo que en las espinas de pez los encuentros entre cada dos hiladas se repiten



**Figura 8.**  
Comparación de curvas de nivel entre un modelo hipotético y el levantamiento.



**Figura 9.**  
Posibilidades de configuración de los encuentros entre hiladas.

sucesivamente de la misma manera, solo se pueden dar cuatro posibilidades.<sup>5</sup> Están mostradas esquemáticamente en la figura 9, con los posibles cuatro primeros pasos de cada una y el resultado final.

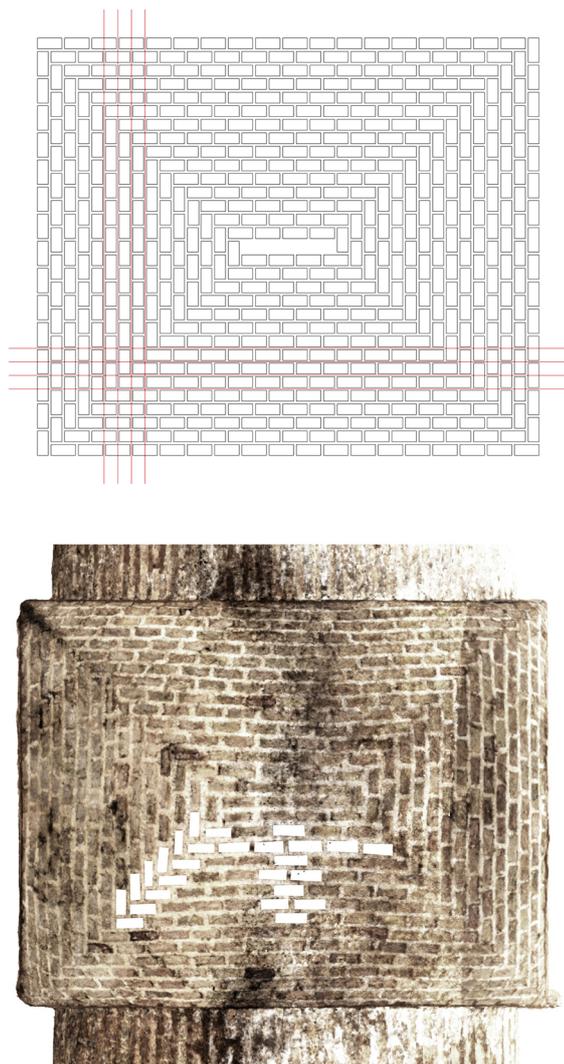
En 9A vemos la disposición que encuentra Choisy (1883: 50) para las bóvedas bizantinas, que puede corresponder a la explicación que este autor da sobre el proceso (montar alternadamente las hiladas de un sentido y las de otro), o bien pueden imaginarse como el resultado del trabajo simultáneo de dos operarios avanzando en espiral. El esquema 9B puede interpretarse como el resultado del trabajo de un solo operario avanzando en espiral. En 9C se muestra otra posibilidad teórica.

El 9D es el que aparece en todas nuestras bóvedas, excepto dos. Podría ser interpretado como el resultado de cuatro operarios actuando simultáneamente, pero en este caso el tamaño de las bóvedas no hace posible este modo de trabajar. En este esquema, cada hilada presenta un extremo apoyado en una hilada ya completada del mismo rectángulo y otro extremo apoyado en el rectángulo anteriormente completado. Ocurre así que la primera hilada de cada rectángulo tiene que apoyarse en un ladrillo que aún no está colocado. Para hacerlo posible se habría de guardar la previsión de al menos un primer ladrillo perpendicular a la primera hilada, perteneciente realmente a la que será la cuarta hilada. Hacer esto no es lo más simple,

pero es posible.<sup>6</sup> En todos los casos, como se ha dicho, es probable que cada hilada avanzara desde los dos extremos hasta el centro. Esta disposición de las espigas de pez, en esvástica, es constante en todas las bóvedas, altas y subterráneas, de la fuente de Ocaña. Naturalmente, en estos esquemas no se ha tenido en cuenta la alternativa simétrica, de manera que el giro helicoidal aparente de la figura 9D se da en algunas bóvedas en un sentido y en otras en sentido contrario.

Las dos bóvedas que no siguen este esquema, la 7 y la 13, presentan una disposición según el esquema de la figura 9B. Es decir, en ellas tres de los encuentros son como en el resto, pero la cuarta espiga de pez presenta los ladrillos contrapeados al contrario. Como consecuencia, en estos dos casos algunas hiladas exigen medio ladrillo de más o de menos, y por ese motivo fue necesario introducir alguna irregularidad en el número de ladrillos de cada hilada.

Lo que aparece en el intradós de las bóvedas es la testa de los ladrillos. Las dimensiones de los ladrillos son tales que no hay problema en hacer corresponder la longitud de un tizón con la de dos cantos más un espesor de junta de mortero. Así ocurre, en efecto, y además los espesores de las juntas entre ladrillos y entre hiladas, llagas y tendeles, son muy similares. De esta manera se dan importantes coincidencias: a los dos lados de la espiga de pez, las líneas que siguen las llagas



**Figura 10.** Esquema de la correspondencia y orden de las piezas.

**Figura 11.** Ortofoto que muestra la planta de una de las bóvedas.

de un sector y las que siguen los tendeles del otro sector se corresponden alineados, y cada hilada tiene un ladrillo menos que la hilada del rectángulo anterior sobre la que descansa. Esta disposición se puede ver en el esquema de la figura 10; en este dibujo el número de ladrillos en cada hilada es el que podemos contar en las bóvedas reales (con las excepciones que señalaremos). Naturalmente, las proporciones del rectángulo de esta figura no coinciden con las de la planta de las bóvedas, porque en estas la trama se aplica a una superficie curva; es decir, la figura 10 no es una proyección horizontal, pero muestra el mismo orden topológico que se encuentra en las bóvedas reales. La figura 11 sí muestra una proyección ortogonal (una ortofoto) de una de las bóvedas.

En consecuencia, cada junta entre dos ladrillos coincide con el punto medio de un ladrillo de la hilada anterior, en lo que podemos llamar un correcto patrón de matajuntas.

Esto constituiría una configuración normal si se tratara de un muro vertical. En estas bóvedas esto sucede en los cuatro sectores, pasando de uno a otro de una manera regular en un tránsito que se da en las espinas de pez. Como vamos a ver, esta regularidad se extiende a casi toda la superficie de todas las bóvedas. Cuando, como hemos mencionado, hay algún ladrillo con longitud de testa más corta, la correspondencia se mantiene, lo que hace pensar que la diferencia de longitud de esa pieza es una corrección que permite mantener el ritmo.<sup>7</sup>

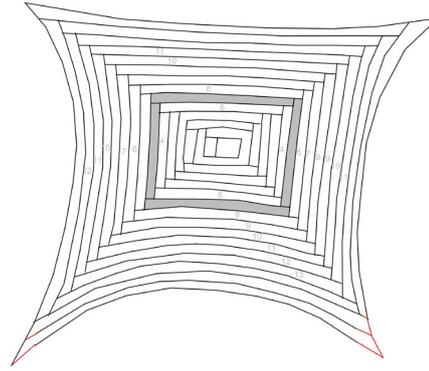
Modernamente los ladrillos se fabrican de manera que se dé una correspondencia entre la soga y el tizón, para que una soga sea igual a dos tizones más un grueso de junta; pero el canto de los ladrillos es muy variable hoy, y aún más lo ha sido históricamente. Por otra parte, no ha sido frecuente la construcción de estas bóvedas por hojas con el espesor de un pie, especialmente si son pequeñas; la mayoría son de medio pie. Es decir, en este caso, las dimensiones del ladrillo, el grosor de juntas aproximadamente uniforme, la disposición con el tizón visto y la particular configuración de las espinas de pez, hacen posible la apariencia regular de simetría central en los cuatro sectores y sus encuentros y la disposición en cada hilada de un ladrillo menos con respecto a la anterior.

Se da una disposición semejante en una de bóvedas de la torre Alfonsina del castillo de Lorca (figura 12). En la figura se ha marcado un rectángulo y anotado en número de piezas de algunas hiladas. Aquí también dos cantos y una junta corresponden a un tizón, aunque ciertas irregularidades la hacen algo distinta, y parece responder al esquema B de la figura 9.<sup>8</sup> Existe también en una de las bóvedas de las caballerizas del palacio Real de Madrid, que es plana; con algunas irregularidades, coincide con las de Ocaña en el patrón, que en este caso es más fácil de mantener debido a la ausencia de deformaciones por curvatura (figura 13).

#### Número de ladrillos

La afirmación de que todas estas bóvedas han sido construidas con el mismo número de hiladas, el mismo número de ladrillos en las hiladas correspondientes, y el mismo orden de superposiciones en las espinas de pez que forman los encuentros entre ellas, puede parecer exagerada. Pero vamos a comprobar que se acerca mucho a la realidad.

En la tabla (figura 14), donde las bóvedas están numeradas como en la figura 6, se ha contado el número de ladrillos de cada una de



**Figura 12.** Bóveda de ladrillo por hojas en la torre Alfonsina del castillo de Lorca.

**Figura 13.** Una de las bóvedas de las caballerizas del palacio Real de Madrid. Fotografía de Marta Perelló.



de pez no exactamente igual al resto. Esto da lugar a longitudes de hilada algo diferentes al resto de las bóvedas, en medio ladrillo de más o de menos. Sin embargo, en la tabla de la figura 14 comprobamos que las variaciones se limitan a cuatro o cinco casillas, lo que conduce a pensar que existió una cierta voluntad de conservar el ritmo del resto.

Como aparece en una columna de la tabla, el número de hiladas en el sentido de la sección transversal (sección NS) es 31 en la mayor parte de los casos, quedando una hilada impar a modo de clave. En la línea de clave no es posible continuar el patrón con testas enteras (como mostraba ya la figura 10) y por eso se pueden ver dos soluciones, esa hilada compuesta con dos ladrillos muy largos o bien con tres testas y media. Como consecuencia de la dificultad en controlar la rectitud de las hiladas longitudinales y el espesor del mortero, en dos de las bóvedas no quedó espacio para la hilada impar.<sup>10</sup>

Algunos ladrillos son más largos que un tizón. Eso sucede especialmente cuando se encuentran al comienzo de la hilada y deben ser cortados oblicuamente para su adaptación. Las formas de los ladrillos de las primeras hiladas, especialmente en esta zona, no se pueden apreciar con claridad, y por esto es muy difícil contar los ladrillos de las dos o tres primeras hiladas.

Sobre la superficie del modelo hipotético antes explicado se ha trazado (figura 15) la

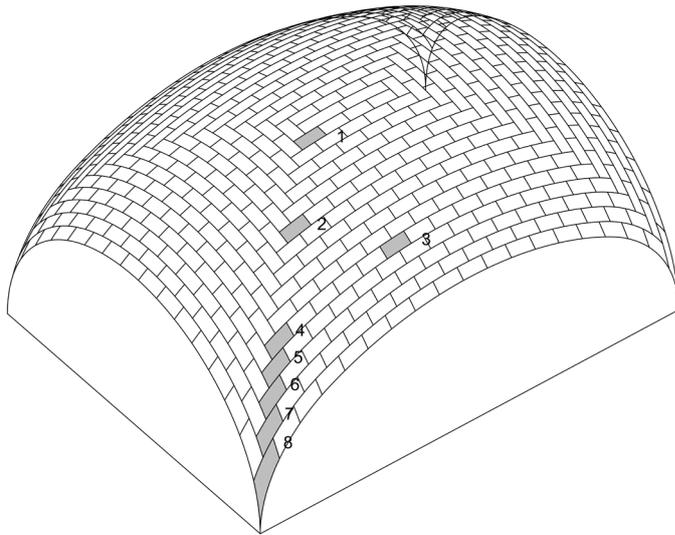
las hiladas. No aparece el número si las condiciones de la zona no permiten contar, por poca diferencia visual entre mortero y ladrillo, por efflorescencias, manchas, etc. En las casillas que han sido destacadas en gris el número de ladrillos de las sucesivas hiladas se mantiene igual para las distintas bóvedas.

Si no se consideran las dos primeras hiladas, que presentan, como veremos, problemas particulares, esa coincidencia es muy notable en las bóvedas 2 a 16.<sup>9</sup> En toda esta zona gris se da con completa regularidad el ritmo mencionado, de manera que cada hilada tiene un ladrillo menos que la anterior. Se puede comprobar que cuando hay alguna irregularidad (un ladrillo más o menos de los previsibles en alguna de las hiladas), queda corregida en las hiladas siguientes, recuperando así el ritmo del resto de las bóvedas.

Antes se ha mencionado que las bóvedas 7 y 13 presentan una disposición de las espinas

**Figura 14.** Tabla con el número de piezas en cada hilada de cada una de las bóvedas del pórtico de Ocaña.

	PRIMERA HILADA	SEGUNDA HILADA	TERCERA HILADA	CUARTA HILADA	QUINTA HILADA	SEXTA HILADA	SEPTIMA HILADA	OCTAVA HILADA	NOVENA HILADA	DÉCIMA HILADA	UNDÉCIMA HILADA	DODECIMA HILADA	DECIMOTERCERA HILADA	DECIMOCUARTA HILADA	DECIMOQUINTA HILADA	DECIMOSEXTA HILADA	DECIMOSEPTIMA HILADA	DECIMOOCYAV A HILADA	DECIMONOVEN A HILADA	Hiladas en la sección NS	Hiladas en la sección EO	Piezas en la clave	anchura
1	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1			31	4	1,67	
2	18	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				31	4	1,66	
3	17	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				30	hay	1,69	
4	19	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				30	hay	1,69	
5	17	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1					31	2	1,69	
6	18	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				31	2	1,7	
7	18	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1					31	1	1,69	
8	17	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1					31	4	1,68	
9	18	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				31	4	1,68	
10	17	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1					31	4	1,67	
11	18	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				31	4	1,67	
12	18	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				31	4	1,68	
13	17	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1					31	5	1,66	
14	17	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				31	5	1,66	
15	17	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				32	—	1,69	
16	17	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				33	3	1,74	
17	16	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1					32	no	1,72	
18	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1					36	no	1,85	
19	18	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				36	no	1,85	
20	18	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				36	no	1,85	
																				34	hay	1,88	



**Figura 15.** Deformaciones de las piezas resultantes en el modelo teórico.

distribución que resultaría de un orden y correspondencia estricta como la que mostraba la figura 10. La proyección horizontal de este esquema coincide con gran precisión con la de las bóvedas reales, a excepción de la dirección de los pequeños segmentos que representan las llagas o juntas entre ladrillos. En este esquema teórico se puede comprobar que la longitud total de la pieza necesariamente varía. Pero esta variación no representaría un problema en la mayor parte de los casos, pues un ajuste en el espesor del mortero puede fácilmente compensar estas diferencias.<sup>11</sup> Pero no así en las dos o tres primeras hiladas. Por eso, en los rincones de las enjutas reales fue necesario disponer ladrillos de mayores dimensiones y cortarlos oblicuamente.

**Figura 16.** Bóveda grande de la parte subterránea.

**Figura 17.** Tabla con el número de piezas en cada hilada de la bóveda grande subterránea.

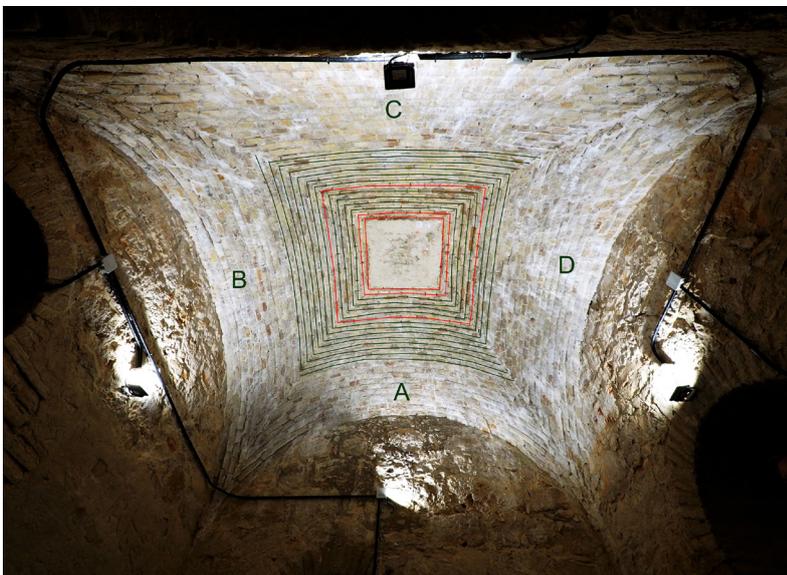
En la parte subterránea hay dos grandes bóvedas de planta cuadrada; una de ellas

muestra también el aparejo de ladrillo, y en ella se dan las mismas circunstancias (figura 16). Los cuatro sectores presentan 25 hiladas. La disposición de los ladrillos en los cuatro sectores y en las espinas de pez es como la explicada para las del pórtico. Como se puede ver en la tabla (figura 17), el ritmo de un ladrillo menos en cada hilada se mantiene. Sin embargo, las hiladas 17 y 18 repiten el número de ladrillos, y esta anomalía, que exige cortes especiales, existe sin motivo aparente en los cuatro lados, como si en la ejecución de cada nuevo cuadrado de hiladas tuviera que observarse necesariamente un mismo número de ladrillos para los cuatro sectores.

*Ejecución*

En los dos sectores menores de las bóvedas del pórtico es posible pensar en un control de la disposición de los ladrillos mediante un cintrel que garantice que se mantiene la distancia al eje de giro de las hiladas. En los sectores mayores las hiladas no siguen ya los paralelos de esa superficie de revolución ideal; sin embargo, es posible que el apoyo de cada hilada en la anterior, unido al hecho de que queda fijado el punto de partida en las espinas de pez, fuera guía suficiente para obtener una forma aproximada a la de la superficie de revolución.

Como se ha comprobado, exceptuando las dos primeras hiladas y la anomalía de la clave, las hiladas correspondientes de las distintas bóvedas presentan en general un número de ladrillos definido. Aparece una trama o patrón en el que cada junta entre dos ladrillos está alineada, en las hiladas anterior y posterior, con la zona central de otras piezas, como en la disposición a matajuntas de un aparejo



hilada	A	B	C	D
25	6	7	7	7
24	7	7	7	8
23	8	8	8	8
22	9	9	9	9
21	10	10	10	10
20	11	11	11	11
19	12	11	11	12
18	13		13	13
17	13	13	13	
16	14	14	14	
15	15	15	15	
14	16	16	16	
13	17	17	17	
12	18	18		
11	19			

convencional de muro, y algunos desfases sobreenvidos obligan a disponer ladrillos más cortos o más largos para mantener ese patrón.

El patrón puede mantenerse como se mantendría en un muro, simplemente observando, al colocar las piezas, que cada una tiene que matar una junta de la hilada anterior. Es decir, al colocar cada ladrillo el centro de la testa tiene que coincidir con una llaga de la hilada en la que se apoya; esto, gracias a la coordinación de dimensiones adoptada, ocurre ya en los extremos de la hilada, en las espinas de pez.

Esa explicación es válida para el avance normal de hilada en hilada, pero no para el comienzo del trabajo en las primeras dos o tres hiladas. La distorsión de longitudes mencionada en las piezas extremas de las enjutas es considerable y hace difícil observar el patrón de matajuntas y la disminución constante en una pieza por hilada. En algún caso, como muestra la figura 11 (que corresponde a la bóveda numerada 9), en la zona central de la primera hilada de los lados largos, parece que ya se inicia el ritmo mencionado, que se puede seguir hasta la zona central. Pero, aunque la primera hilada no estuviera ya bien alineada con esas cremalleras que alternan junta y ladrillo, probablemente la situación se recondujera fácilmente por el mero hecho de situar el número de ladrillos correcto a partir de la tercera hilada, es decir, con un número definido de piezas sobre una longitud definida de hilada. Podemos decir que ese número definido de piezas de cada hilada es simplemente el número de piezas que caben en su longitud total, lo que se establecería de una manera empírica.

En el caso de la bóveda grande de los viajes de agua (figura 16), la coincidencia en el número de hiladas de los cuatro lados, incluso en las hiladas más largas, unido al hecho de que hay un error en la hilada 18 que se reproduce en los cuatro lados, hace pensar que el operario tenía ya en mente el número de piezas que debía disponer en cada hilada del cuadrado en el que estaba trabajando. Quizá un recuento semejante haya sido observado durante la ejecución de las de la Fuente alta, para facilitar la uniformidad.

## Conclusiones

Así pues, en la obra de albañilería de Ocaña, para alcanzar el resultado que vemos, ha sido necesaria una elección de dimensiones adecuadas para el ladrillo (alteradas por cortes o piezas especiales en puntos singulares) y la observación de unos espesores no muy

distintos en llagas y tendeles. En la ejecución, además, ha sido necesario seguir un esquema sistemático y no muy simple de encuentros entre hiladas, mantener el patrón de matajuntas en cada sector y probablemente controlar los sectores menores con alguna especie de cintrel. Todo esto, unido al hecho de que la longitud de cada hilada permite contener un cierto número de piezas, generaría naturalmente la forma espacial y el detalle de aparejo que permanece en casi todas las bóvedas.

En consecuencia, estas bóvedas presentan una curiosa y difícil regularidad, extraordinaria en este sistema constructivo, y que no se encuentra en las del Ayuntamiento de Toledo, a pesar de que el principio técnico, el empleo del sistema de construcción por hojas de ladrillo y sin cimbra, es el mismo. Esta regularidad no puede ser casual, ya que exige la adopción de disposiciones especiales y cierta disciplina, pero tampoco es necesariamente consecuencia de un trazado general o monte que prevea gráficamente el resultado y las alineaciones.

La superficie de intradós de las bóvedas del Ayuntamiento presenta un arranque en granito que avanza algo sobre la superficie de ladrillo, formando un pequeño escalón que confirma la cubrición original con un revoco, mencionado anteriormente. Este revoco no estaría previsto en el caso de la Fuente de Ocaña —aunque existe, muy manchado, en una de las bóvedas subterráneas—; de manera que la conveniencia de dejar visto un ladrillo de calidad se uniría a la voluntad de ofrecer un trabajo preciso y regular, muy distinto a los habituales en casos semejantes, y por otra parte, coherente con el rigor del orden de la sillería de piedra tallada a la que acompaña, haciendo compatible un sistema constructivo artesanal y tradicional con la arquitectura clásica.

## Notas

1. Este trabajo es parte del proyecto de investigación *La construcción de bóvedas de ladrillo por hojas. Usos históricos y posibilidades actuales*, PID2020-116191GB-I00, financiado por MCIN/ AEI /10.13039/501100011033/. Los autores desean expresar su agradecimiento a las Oficinas de Turismo de los ayuntamientos de Toledo y Ocaña por facilitar el acceso para llevar a cabo la toma de datos.
2. Hay también bóvedas por hojas recibidas con yeso, en el norte de África, y se pueden encontrar en la Alhambra, algunas con hojas perfectamente verticales. El uso del yeso

da lugar a complejidades formales que no están obligadas a atender a la estabilidad de la misma manera que las recibidas con cal o barro, en los diversos momentos del avance de la obra.

3. Hubo con anterioridad un proyecto desechado de Hernán González y Nicolás de Vergara el viejo (Díaz Fernández 1994: 23-26).
4. Información del maestro bovedero mexicano Andrés Flores Castañeda. En México, probablemente a partir de una herencia española, se construyen actualmente con frecuencia.
5. En cada encuentro puede ejercer como apoyo una u otra hilada. Se trata, pues, de permutaciones de dos elementos tomados de cuatro en cuatro. Resultarían 16 posibilidades, pero eliminando las repetidas por giro o simetría, quedan en cuatro.
6. De hecho, es posible hacer que el avance avance más en los rincones de la bóveda que en la parte central de las hiladas, es decir, añadir hiladas incompletas, aún sin cerrar.
7. Esto suele suceder coincidiendo con que las juntas entre ladrillos de las hiladas, las llagas, se estrechan mucho o desaparecen en esa zona; todo ello se deriva probablemente de un exceso de llaga en los extremos.
8. En el rectángulo destacado en la figura, hiladas opuestas que son de distinta longitud contienen igual número de ladrillos, lo que es posible ajustando las llagas.
9. Hay muchas excepciones en la primera bóveda. En la 17, de anchura notablemente mayor, se pierde la coincidencia con las anteriores.
10. En dos de las bóvedas, las numeradas 3 y 4, hay solo 30 hiladas en la sección transversal, no quedando espacio para la clave. Eso puede suceder porque las hiladas se han ido curvando hacia el interior, dejando así menos espacio. La mayor parte de las hiladas son rectas en planta, pero en algunas bóvedas las hiladas del sentido longitudinal (sectores mayores) se han ido curvando ligeramente hacia el centro (figura 11, que es la bóveda numerada 9 en la tabla anterior). Las hiladas en sentido transversal (las de los sectores menores) no presentan curvatura notable en planta. No son solo las bóvedas con 30 hiladas transversales las que presentan esta curvatura, de manera que probablemente un espesor excesivo de los tendeles influyó también para impedir que cupiera adecuadamente la hilada de clave. En las cuatro últimas del ala larga (bóvedas 14 a 17) hay mayor número de hiladas: 32, 33, 32 y 36. Ya hemos mencionado que la 17 es ostensiblemente más ancha, pero también son algo más anchas que el resto las 15 y 16. En la figura 6 se puede ver las dimensiones en planta de todas las bóvedas.
11. En efecto, en los ladrillos marcados en la figura del 1 al 3 la dimensión aumenta poco, en el 5 la dimensión aumenta no más del 20%, en el 6 un 28%, un 46% en el 7 y un 174% en el 8.

## Bibliografía

- BARTOLOMÉ COSSIO, Manuel. 1905. Más documentos inéditos para la historia del arte español. La casa ayuntamiento de Toledo. *La Lectura*, V(2): 1-16.
- CHOISY, Auguste. 1883. *L'Art de bâtir chez les Byzantins*. Paris: Librairie de la Société Anonyme de Publications Périodiques.
- COPPEL AREIZAGA, Rosario y ALMAGRO GORBEA, Antonio. 1977. La Fuente Grande de Ocaña, una posible obra de Juan de Herrera. *Revista de Archivos, Bibliotecas y Museos*, LXXX(2), abril-junio 1977: 335-376.
- DÍAZ FERNÁNDEZ, Antonio José. 1994. *La Casa del Ayuntamiento de Toledo: historia de un edificio*. Toledo: Ayuntamiento de Toledo.
- DÍAZ MARTA, Manuel. 1992. *Cuatro obras hidráulicas antiguas entre la mesa de Ocaña y la vega de Aranjuez*. Madrid: Caja de Ahorro de Toledo y Fundación Juanelo Turriano. ([https://biblioteca.juaneloturriano.com/Record/Xebook1-830/Read?\\_=2D899D51-7F21-3B6A-9966-60AB20F3F6D6](https://biblioteca.juaneloturriano.com/Record/Xebook1-830/Read?_=2D899D51-7F21-3B6A-9966-60AB20F3F6D6))
- GARCÍA TAPIA, Nicolás. 1990. *Ingeniería y arquitectura en el Renacimiento español*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- LÓPEZ-MOZO, A.; ALONSO-RODRIGUEZ, M.A.; MARTÍN-TALAVERANO, R.; ALBERTI, L. 2021. Brick vaults by slices in Toledo. En: MASCARENHAS-MATEUS, J. y PAULA PIRES, A. (eds.), *History of Construction Cultures*, volumen 2. Londres: Taylor and Francis Group. 674-681.
- MARIAS, F. 1986. *La arquitectura del renacimiento en Toledo (1541-1631)*. Toledo: Instituto Provincial de Investigaciones y Estudios Toledanos.
- MAZZOTTI, A. A. 2014. A Euclidean Approach to Eggs and Polycentric Curves. *Nexus Network Journal* 16: 345-387. <https://doi.org/10.1007/s00004-014-0189-5>.
- NATIVIDAD-VIVÓ, Pau; GARCÍA-BAÑO, Ricardo; SALCEDO-GALERA, Macarena y CALVO-LÓPEZ, José. 2021. The brick vaults of the Alfonsina Tower in Lorca Castle. Geometric aspects and possible sources. En: MASCARENHAS-MATEUS, J. y PAULA PIRES, A. (eds.), *History of Construction Cultures*, volumen 2. Londres: Taylor and Francis Group. 607-614.
- RIVERA BLANCO, Javier y GARCÍA TAPIA, Nicolás. 1985. Juan Bautista de Toledo, Jerónimo Gili y Juan de Herrera: autores de la «Mar de Ontígola». *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología*, 51: 319-344.

---

Fecha final recepción  
artículos: 05/05/2023  
Fecha aceptación:  
17/07/2023

Artículo sometido a revisión por dos revisores independientes por el método doble ciego.