

CONSTRUYENDO BÓVEDAS TABICADAS II BUILDING TILE VAULTS II

EDITORES | EDITORS

F. VEGAS, R. MARÍN, L. GARCÍA-SORIANO, C. MILETO



edUPV

Universitat Politècnica de València

Construyendo Bóvedas Tabicadas II

Building Tile Vaults II

Edición a cargo de | Edited by:

Fernando Vegas López-Manzanares

Rafael Marín Sánchez

Lidia García-Soriano

Camilla Mileto

Colaboradores | Collaborators:

Santiago Tormo Esteve

Arturo Zaragoza Catalán

Entidades colaboradoras | Collaborating entities

Generalitat Valenciana. Conselleria d'Educació, Investigació, Cultura i Esport
Ajuntament de València
CTAV. Colegio Territorial de Arquitectos de València
CAATIE Valencia.
Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de València.
EMR. Estudio Métodos de la Restauración SL.
Cátedra Unesco. Arquitectura de Tierra, Culturas Constructivas y Desarrollo Sostenible

Citar como / Cite as:

Vegas López-Manzanares, F., Marín Sánchez, R., García-Soriano, L., Mileto, C. (eds.) (2022).
Building Tile Vaults II. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València.

Primera edición / First edition, 2022

© editores / editors:

Fernando Vegas López-Manzanares
Rafael Marín Sánchez
Lidia García-Soriano
Camilla Mileto

© de los textos y fotografías: sus autores / of texts and photographs: their authors

© de la presente edición / of this edition:

edUPV
www.lalibreria.upv.es
Ref.: 555_03_01_01

Diseño y maquetación / Design and layout:

Lidia García-Soriano
Enrique Mateo

Imprime / Print: Byprint Percom SL ISBN:

978-84-904-8827-0

Depósito Legal / Legal Deposit: V-782-2022



Bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional
Licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International license.

Cubierta: Imagen de la construcción del Panteón de la Familia Soriano Manzanet en Villarreal. Agosto 2015.
Vegas-Mileto / Cover: Image of the construction of the Soriano Manzanet Family Pantheon in Villarreal.
August 2015. Vegas-Mileto.

Impreso en España / Printed in Spain

Índice | Index

Prólogo.....	vii
Prologue	ix

I. HISTORIA Y CONSTRUCCIÓN | HISTORY AND CONSTRUCTION

Bóvedas sin cimbra: ladrillo autoportante por hojas o recargado.....	2
<i>Enrique Rabasa Díaz</i>	
Bóvedas de ladrillo sin cimbra en las fortalezas de las órdenes militares en el Campo de Montiel y el Campo de Calatrava (Ciudad Real).....	16
<i>Jesús Manuel Molero García, Ignacio Javier Gil Crespo, David Gallego Valle</i>	
Tile vaulting and its oriental pedigree.....	36
<i>Paolo Vitti</i>	
Bóvedas tabicadas en Al-Ándalus y el Magreb	52
<i>Antonio Almagro</i>	
Tabiques, enjutas, costillas y callejones: otra forma de ver las bóvedas tabicadas.....	66
<i>Arturo Zaragoza Catalán, Rafael Marín Sánchez</i>	
A brief history of masonry shells in India, 1786 to present.....	84
<i>Aftab A. Jalia</i>	
Guastavino in India.....	104
<i>Fernando Vegas, Camilla Mileto</i>	
Masonry vaults in vice-royal Naples. Construction persistences and discontinuities between the 16th and the 17th centuries.....	126
<i>Valentina Russo</i>	
Tile vaulting in Naples: first experimentations in the early 19th century.....	138
<i>Lia Romano</i>	
La bóveda tabicada en el futuro próximo	150
<i>Manuel Fortea Luna</i>	

II. NUEVOS USOS | NEW USES

Versatilidad de la bóveda tabicada en la arquitectura contemporánea.....	166
<i>Camilla Mileto, Fernando Vegas, Lidia García-Soriano</i>	
Escuchando a las bóvedas tabicadas	180
<i>Julio Jesús Palomino Anguí</i>	

A timbrel vaulting journey of learning from nature.....	192
<i>Peter Rich</i>	
Bóvedas tabicadas de tierra. Una alternativa para entornos poco industrializados	206
<i>F. Javier Gómez-Patrocínio, Lidia García-Soriano, Fernando Vegas, Camilla Mileto</i>	
La bóveda tabicada en Andorra.....	218
<i>Enric Dilmé Bejarano</i>	
III. INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL STRUCTURAL INTERVENTION	
Los ensayos sobre bóvedas tabicadas de Rafael Guastavino en Estados Unidos: la necesidad de validar un sistema.....	232
<i>Esther Redondo Martínez</i>	
Las bóvedas de Guastavino en los Estados Unidos. Métodos de diagnóstico	248
<i>Berta de Miguel Alcalá, Gabriel Pardo Redondo</i>	
El mortero de cemento en la obra de Guastavino	262
<i>Fernando Vegas, Camilla Mileto</i>	
Comportamiento estructural de las cúpulas tabicadas	280
<i>René Machado</i>	
Comportamiento estructural de las bóvedas tabicadas ante los terremotos. Observaciones tras los terremotos recientes de Italia.....	288
<i>Francesco Doglioni</i>	
Las cúpulas azules. Intervenciones de conservación	300
<i>Rafael Soler Verdú, Alba Soler Estrela</i>	
Las cúpulas tabicadas armadas de Domènech i Montaner, entre el colapso y la restauración: ¿Pudieron tener otro diseño?	314
<i>José Luis González Moreno-Navarro</i>	
Influences and analogies between masonry arch and cross vault: from construction to seismic response.....	328
<i>Angelo Gaetani, Paulo B. Lourenço</i>	
Las Escuelas Nacional de Artes de La Habana, Cuba: uso, degradación, consolidación y restauración.....	340
<i>Michele Paradiso</i>	

Prólogo

Las bóvedas tabicadas son, probablemente, la variante más conocida del amplio muestrario de técnicas de albañilería autoportantes concebidas para el cubrimiento de espacios usando ladrillos o piedras de laja y evitando el empleo de cimbras. Desde hace más de mil años, esta solución ha entusiasmado a muchos constructores por su versatilidad. Una virtud que hoy, como ya ocurrió en el pasado, ha favorecido la recurrente adaptación de esta bóveda elemental a sucesivas variantes técnicas, combinadas con otras propuestas constructivas.

Durante su dilatada historia, las bóvedas tabicadas han dado lugar a formas alabeadas, regladas, aristadas, de revolución o macladas. Y, para ello, han sido tendidas entre nervios o apoyadas sobre los muros; como cimbra perdida de una bóveda dispuesta a rosca o de un vertido de argamasa que a veces se aligeraba con vasijas cerámicas; o trasdosadas con tabiques, enjutas, fajas, lengüetas, costillas y callejones.

En los últimos tiempos la técnica ha cobrado un renovado impulso de la mano de arquitectos e investigadores que han visto en ellas no sólo un gran potencial expresivo, sino también una solución barata y eficaz para hacer frente a muchos de los grandes problemas de nuestro tiempo: no solo el respeto al medio ambiente, la importancia de recurrir a materiales locales, la dotación de viviendas en aquellas regiones con escasos recursos tecnológicos, el cubrimiento de espacios de grandes luces con costes reducidos, sino también la economía, versatilidad, rapidez de ejecución y fraguado, etc.

En el año 2011 la Universitat Politècnica de València acogió el I Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas. El evento, que contó con 26 prestigiosos ponentes procedentes de varios continentes y 160 asistentes, fue organizado en muy pocos meses y con escasos recursos económicos, dejando patente el interés científico y profesional por una técnica que en estos años no ha dejado de evolucionar y expandirse por los cinco continentes. Sus contribuciones sentaron las bases del conocimiento científico de dicha técnica, promoviendo su estudio en torno a tres ámbitos bien definidos: orígenes y evolución histórica, construcción y comportamiento estructural.

Siete años más tarde, en 2018, una parte de aquel mismo equipo de profesores de la UPV consideró conveniente la celebración de un nuevo simposio ante el notable auge observado en los últimos tiempos. En este caso, el debate se centró en los nuevos usos y las enormes posibilidades plásticas y funcionales que ofrecen las bóvedas tabicadas, aunque evidentemente, se incluyeron algunas sesiones de revisión científica de los últimos avances en el conocimiento de su evolución histórica, su adaptación técnica y sus lesiones. Y, como ya ocurrió en la reunión anterior, el encuentro logró salir adelante con limitados recursos económicos, pero con una respuesta envidiable de casi todos los profesionales e investigadores implicados en su conocimiento y desarrollo. Este libro, fruto de la invitación que han recibido algunos de estos participantes a escribir posteriormente sobre el tema en cuestión, ha llevado un lento proceso de elaboración que finalmente ve la luz.

Las veinticuatro aportaciones del libro han sido objeto de una rigurosa revisión por pares y por los propios editores, con reiteradas correcciones de los textos y las imágenes que los ilustran que han llegado a desesperar a alguno de sus autores. Estas se clasifican en tres grandes apartados: historia y construcción; nuevos usos de las bóvedas tabicadas; e intervención estructural.

El apartado «Historia y construcción» comienza con dos interesantes contribuciones escritas de Enrique Rabasa y Jesús Manuel Molero, Ignacio Gil y David Gallego sobre las bóvedas construidas

sin necesidad de cimbra que redimensionan en el tiempo y el espacio la existencia y la frecuencia de este tipo de soluciones. Acto seguido, tanto Paolo Vitti como Antonio Almagro, desvelan importantes hallazgos respecto a los orígenes islámicos de la bóveda tabicada. Arturo Zaragoza y Rafael Marín reflexionan en un interesante texto sobre los elementos denominados accesorios de las bóvedas tabicadas, como los tabiques, las enjutas, las costillas y los callejones, al punto de llegar a invertir su trascendencia. Posteriormente, Aftab A. Jalia describe la historia y evolución de las bóvedas y cúpulas de mampostería en la India, al tiempo que Fernando Vegas y Camilla Mileto detallan la colaboración de Rafael Guastavino con Herbert Baker en la construcción del Parlamento de Nueva Delhi. Valentina Russo y Lia Romano describen cómo las bóvedas tabicadas también se extendieron hasta el antiguo Reino de Nápoles donde convivieron con las bóvedas tradicionales de cal y canto. Por último, Manuel Fortea realiza un repaso histórico sobre varios personajes históricos relacionados con la técnica y varios ejemplos sobre los que ha intervenido para reflexionar sobre su futuro próximo.

El apartado «Nuevos usos» de las bóvedas tabicadas recoge varias intervenciones contemporáneas para demostrar la vitalidad y la vigencia contemporánea de esta técnica de construcción milenaria, con proyectos y obras desarrollados no solo en España, sino también en Abu Dhabi, Andorra, Burkina Faso, China, Estados Unidos, Reino Unido, República Sudáfricana, Ruanda, Tanzania... Estos nuevos proyectos, desarrollados tanto en el ámbito de la arquitectura de cooperación con países en vías de desarrollo, como en contextos ricos e industrializados, abren perspectivas de futuro a la técnica gracias a su economía, versatilidad y ecología. A destacar la labor que está desarrollando el arquitecto Peter Rich y su equipo de Light Earth Designs en la difusión de esta técnica tradicional en todo el continente africano e incluso más allá. Otros autores de este apartado son Julio Jesús Palomino, Enric Dilmé, Camilla Mileto, Fernando Vegas, Lidia García-Soriano y Francisco Javier Gómez-Patrocinio.

El apartado «Intervención estructural» reúne posteriores capítulos sobre Rafael Guastavino, como el análisis realizado por Esther Redondo sobre los ensayos desarrollados por este arquitecto sobre bóvedas tabicadas en Estados Unidos como medio para refrendar su validez, prestaciones y resistencia estructural. Berta de Miguel y Gabriel Pardo abordan específicamente los métodos de diagnóstico para las bóvedas tabicadas, en general, y las de Rafael Guastavino, en particular. Fernando Vegas y Camilla Mileto realizan un repaso minucioso del empleo de los diversos morteros de cemento en la obra tanto española como americana de Rafael Guastavino, con sus diferentes productores, así como un estudio de la proveniencia de la idea de Guastavino de aplicarlo a las bóvedas tabicadas. Dos capítulos, redactados respectivamente por René Machado y Francesco Doglioni, están dedicados al comportamiento estructural de las cúpulas y bóvedas tabicadas, tanto frente a esfuerzos normales como frente a movimientos telúricos, especialmente en Italia. Angelo Gaetani y Paulo B. Lourenço aportan su ensayo sobre la bóveda de crucería desde la perspectiva particular del arco. Rafael Soler y Alba Soler describen varias intervenciones de conservación de las denominadas cúpulas azules de Valencia, al tiempo que José Luis González analiza el colapso de algunas cúpulas de Domènech i Montaner para indagar sobre sus posibles diseños alternativos y su restauración. Por último, Michele Paradiso describe con gran conocimiento el nacimiento, la historia y la situación actual de las bóvedas tabicadas de las Escuelas Nacionales de Artes de La Habana.

Los editores

Prologue

Tile vaults, which use bricks or sandstone and do not need to resort to centring, are probably the best-known variant from a wide range of self-supporting building techniques for covering spaces. For over a thousand years this versatile solution has been of great interest to builders. Over the years, this has led to this basic shell being constantly adapted to successive technical variants, combined with other constructive proposals.

Throughout this long history tile vaults have been observed in different forms: warped, ruled, groin, domed or intersecting vaults. This involved placing them between ribs or resting them on walls; acting as the permanent centring for either a rowlock vault or just poured mortar, sometimes lightened with pottery; or with partition walls, spandrels, stiffbacks, etc. on the extrados.

There has been renewed interest in this technique in recent years thanks to the architects and researchers who have recognized its great potential for expression. It is also a cheap and efficient solution to tackle many of the major problems of our time. It is environmentally friendly, allows the use of local materials, can provide housing in regions with limited technological resources, covering large spaces at a low cost, and is also affordable, versatile, can be executed and sets rapidly, etc.

In 2011 the Universitat Politècnica de València hosted the 1st International Symposium on Tile Vaults. 26 prestigious speakers from several continents and 160 participants attended the event. Organized in the space of a few months with little funding, this symposium highlighted the scientific and professional interest in a technique which has continued to evolve in recent years, spreading worldwide. Its contributions laid the groundwork for the scientific knowledge of this technique, promoting its study from three well-defined perspectives: origins and historic evolution, construction, and structural behaviour.

Seven years later, in 2018, part of the same group of teaching staff from UPV felt the time was right to hold a new conference given its current increased recognition. On this occasion, the debate focused on the new uses and vast aesthetic and functional potential recently observed. Some scientific sessions were also included to review the latest advances in the knowledge of its historical evolution, technical adaptations and lesions. As with the previous edition, the conference went ahead with limited funding but with an enviable response from almost all of the professionals and researchers involved in its study and development. Subsequently an invitation was extended to some of these participants to write about the subject of the symposium and this book, the result of a slow drafting process, is now finally seeing the light.

The twenty-four contributions in the book have been subject to strict peer review as well as rigorous edition. The texts and accompanying images have been repeatedly corrected, exasperating some of the authors. There are three major sections in the book: history and construction; new uses of tile vaults; and structural intervention.

The “History and construction” section begins with two interesting contributions on vaults built without centring by Enrique Rabasa and Jesús Manuel Molero, Ignacio Gil and David Gallego, providing a new perspective in time and space of the existence and frequency of these solutions. Subsequently, Paolo Vitti and Antonio Almagro reveal major findings on the Islamic origins of tile vaults. In an interesting text Arturo Zaragoza and Rafael Marín reflect on the elements that are considered additional to tile vaults, including partition walls, spandrels and stiffbacks, emphasizing their importance. Following

this, Aftab A. Jalia describes the history and evolution of masonry vaults and domes in India, while Fernando Vegas and Camilla Mileto provide a detailed account of the collaboration between Rafael Guastavino and Herbert Baker in the construction of the Parliament of New Delhi. Valentina Russo and Lia Romano describe how tile vaulting also spread to the ancient Kingdom of Naples where it coexisted with traditional limecrete vaults. Finally, Manuel Fortea provides a chronological overview of several historical figures linked to the technique and different examples of some of their interventions in order to provide a reflection on the near future.

The “New uses” section on tile vaults includes several contemporary interventions to reveal the vitality and current relevance of this construction technique which is at least thousand years old. These include projects and work executed in Spain, Abu Dhabi, Andorra, Burkina Faso, China, United States, United Kingdom, South African Republic, Rwanda, Tanzania... These new projects, carried out in developing countries as architectural cooperation as well as in rich industrialized ones, pave the way for future use of this environmentally-friendly affordable and versatile technique. It is worth noting the work carried out by the architect Peter Rich and his team from Light Earth Designs in the dissemination of this traditional technique throughout Africa and beyond. This section also features contributions from Julio Jesús Palomino, Enric Dilmé, Camilla Mileto, Fernando Vegas, Lidia García-Soriano and Francisco Javier Gómez-Patrocínio.

The “Structural intervention” section compiles later chapters on Rafael Guastavino, including Esther Redondo’s analysis on the architect’s tests on tile vaults in the United States which aims to confirm their validity, features and structural resistance. Berta de Miguel and Gabriel Pardo provide a specific examination of diagnostic methods for tile vaults in general, and particularly those of Rafael Guastavino. Fernando Vegas and Camilla Mileto painstakingly review the use of different cement mortars as well as their different manufacturers in the constructions of Rafael Guastavino, both in Spain and the United States. They also study how Guastavino came to apply these mortars to tile vaults. Two chapters, written by René Machado and Francesco Doglioni respectively, examine the structural behaviour of domes and tile vaults, both under normal stress conditions and in the case of earthquakes, especially in Italy. Angelo Gaetani and Paulo B. Lourenço provide a contribution on cross vaults analysed specifically as arches. Rafael Soler and Alba Soler describe several conservation interventions in the so-called blue domes in Valencia, while José Luis González analyses the collapse of several domes by Domènech i Montaner, researching on possible alternative designs and their restoration. Finally, Michele Paradiso provides an extensive description of the origin, history and current situation of the tile vaults in the National Art Schools in Havana.

The editors

I. HISTORIA Y CONSTRUCCIÓN

HISTORY AND CONSTRUCTION



Arco de Santa Ana (Cáceres)

Bóvedas sin cimbra: ladrillo autoportante por hojas o recargado

Enrique Rabasa Díaz

Universidad Politécnica de Madrid

Abstract

*The construction of vaults without formwork, or a remarkable reduction of auxiliary constructions, has been a constant aspiration throughout History. In the case of brick vaults, the construction without formwork has been achieved by techniques such as the timber vault, but also with vaults that Choisy called *par tranches*, by slices or leaves, which consists of taking advantage of the adhesion of the lime or earth mortar and a certain inclination in order of support it on the previous slice. It has a long history, especially brilliant in Byzantium. There were similar techniques in medieval Europe and notable examples in Spain, and a particular type has been used for at least three hundred years in Extremadura. A nineteenth-century manuscript, written by the Extremaduran architect Vicente Paredes, explains the particular arrangement of the brick in these vaults. It is currently used in a similar way also in Mexico, where this technique is known as bóvedas recargadas. So it's hard not to think about knowledge transfers.*

Keywords: *Vaults without formwork, brick vaults, par tranches, bóvedas recargadas, Extremadura.*

Resumen

*La construcción de bóvedas sin cimbra, o su reducción notable, ha sido aspiración constante a lo largo de la historia. Tratándose de bóvedas de ladrillo, la construcción sin cimbra ha sido resuelta por técnicas como la bóveda tabicada y también por las bóvedas que Choisy llama *par tranches*, por hojas, que consiste en aprovechar la adherencia del mortero de cal o de barro y una cierta inclinación para el apoyo en la hoja anterior. Con una larga historia, especialmente brillante en Bizancio, existen técnicas similares en la Europa medieval y ejemplos notables en España, y al menos desde hace trescientos años un tipo particular en Extremadura. El manuscrito decimonónico del arquitecto extremeño Vicente Paredes explica la particular disposición del ladrillo en estas bóvedas. En México se han construido y se siguen construyendo con una técnica similar las denominadas bóvedas recargadas, de manera que es difícil no pensar en transferencias del conocimiento.*

Palabras clave: *Bóvedas sin cimbra, bóveda tabicada, par tranches, bóvedas recargadas, Extremadura.*

Una bóveda de piedra o una bóveda convencional de ladrillo requieren la ejecución previa de una bóveda de madera para sostener las piezas durante la construcción; con esta observación suele Enrique Nuere destacar coloquialmente la importancia de la carpintería. Es lógico que la aspiración a ahorrar este trabajo previo haya sido universal y frecuente en la historia de la construcción, con independencia de la disponibilidad de materiales, si bien es cierto que, en algunos lugares y momentos, la escasez de arbolado propició más especialmente el desarrollo de alternativas.

Cuando tender una bóveda requiere formalizar previamente un forro de apoyo, la forma de este forro debe mantenerse con el auxilio de un entramado, que es la parte más llamativa de las cimbras. Este entramado es concebido modernamente como una cercha, habitualmente triangulada. La palabra cercha, sin embargo, ha trasladado su significado, pues no hace mucho se empleaba para designar una tabla de madera curvada, como los camones de las bóvedas encamonadas o las reglas de borde curvo que se emplean en cantería para comprobar superficies cilíndricas o esféricas. Procesos constructivos relevantes del siglo XIX o grabados más antiguos que muestran las propuestas para la ejecución de obras singulares y de gran porte, como los dibujos de las cimbras empleadas en la construcción de San Pedro de Roma, remiten a la idea convencional de forros, costillas o camones sostenidos por una armadura, cuchillo o entramado formado por largueros y cuidadosamente diseñado. Pero estas imágenes no deben confundir. El sentido común y algunos restos muestran cómo en la mayoría de los casos estos forros previos pueden mantenerse en su lugar durante el montaje de la bóveda con el auxilio de solo algunos palos, más o menos intuitiva o irregularmente puestos (Huerta y Ruiz, 2016; Sobrino y Bustos, 2007) (Figura 1).

Por otra parte, se han empleado e imaginado ingeniosos procedimientos para mantener los sillares durante la construcción de una bóveda de piedra. Dejando de lado el sistema de vuelos sucesivos en toda la altura, o el avance por lechos horizontales en la primera parte de la bóveda –en el caso de las góticas es lo que

se denomina enjarje-, se ha pensado alguna vez en la posibilidad de sostener las piezas con ayuda de cuerdas y pesos (Fitchen, 1961:182), que es un procedimiento evidentemente complejo e inseguro; pero también se han tallado dovelas con vierteaguas al exterior de la junta que podrían tener esa función (Alonso et al., 2009), y se sabe que Juan de Zumalacárregui empleaba grapas para el mismo fin en la Lonja de Sevilla (Pleguezuelo, 1990:28).

De las explicaciones de Rodrigo Gil contenidas en el tratado de Simón García (1681) y el conocido dibujo que las acompaña (fol. 25r), o de un dibujo del manuscrito de Rixner,¹ se deduce que en el montaje las bóvedas nervadas góticas más complejas también se empleaban solo algunos palos, aunque no situados de cualquier manera, sino dispuestos para el cuidadoso control de la posición de las claves; pero el resto son camones simples, o bien se omite.

Precisamente la construcción gótica, distinguiendo entre nervadura y plementería, hace posible especializar también los elementos de la cimbra. La palabra ‘plementería’ se encuentra en textos castellanos del siglo XVI como ‘prendertería’, término similar al francés y catalán *pendants*, (en francés también se puede encontrar *pendentifs* o *pandantifs*, y ahora es denominado *voûtains*), o a la *pendenteria* del manuscrito de Gelabert, denominaciones que transmiten así su calidad de obra apoyada en los nervios. Viollet-le-Duc, en el *Dictionnaire raisonné...* (1867, 106) propuso una “cercha móvil”, artillugio de longitud variable apoyado en dos nervios para sostener los sillarejos de cada hilada mientras son colocados. Este autor renunció a repetir la idea en otros lugares, y Fitchen (1961, 99) la criticó como injustificada y compleja, sugiriendo que se emplearía una cercha por cada hilada, apoyada en las cimbras de los nervios –en la catedral de Tudela se pueden ver mechinales en la parte superior de los nervios–. Choisy (1899, II 275) señala que, en algunos casos, con superficies de plementería muy extensas, su apoyo debía de ser más bien un entarimado completo. Pero en la plementería tardogótica, aparece la ocasión para evitar completamente la cimbra de la plementería –queda la de la nervadura–, dado que la extensión de



Figura 1. Reconstrucción de la bóveda de sillería de una capilla en el pazo de Rois (La Coruña) por Santiago Huerta.

cada casco o sector disminuye. Con este fin, por ejemplo, un procedimiento consiste en emplear una pieza o losa enteriza como hilada, con los extremos apoyados en los nervios correspondientes. Así lo explica Gelabert, que contempla el caso de solo una o dos piezas en toda la longitud, explicándolo sin dibujos, pero detallada y minuciosamente (Rabasa 2011, 412-419). Muchas bóvedas del gótico tardío son así. Otras soluciones, como losas planas apoyadas en arcos diafragma o nervios, suponen también un ahorro de cimbras. Viollet-le-Duc (1868, 481) ve el origen del gótico occidental en construcciones orientales con arcos diafragma que sostienen losas.

Otra alternativa para la plementería consiste en emplear el ladrillo. Este permite tender sin cimbra porciones de bóvedas tabicadas entre los nervios. Pero también es fácil colocar las piezas sin cimbra de manera que se ve su canto o su testa, es decir, a soga o a tizón, en el intradós. La mayor parte de la superficie de los

paños de plementería es ligeramente inclinada -cerca del arranque, casi vertical-, así que esta disposición ofrece poco problema; cada hilada u hoja de ladrillo se apoya en la anterior, y no desliza, gracias a esa inclinación y la adherencia del mortero.

El investigador alemán David Wendland (2007) ha estudiado en profundidad el uso del ladrillo dispuesto de esta manera, por hojas más o menos inclinadas, en las bóvedas góticas nervadas y en aquellas otras, también góticas, que en lugar de nervios ofrecen aristas limpias entre los sectores de plementería, denominadas bóvedas celulares o diamantadas. Sus trabajos, tras concienzudas comprobaciones por medio de levantamientos, trazados infográficos, maquetas y modelos a tamaño real, no dejan lugar a dudas sobre el método y la forma que este procedimiento genera (Figura 2). La cantidad de bóvedas así ejecutadas en Centro Europa es enorme, y de algunas es visible el aparejo.

Las bóvedas bizantinas según Choisy

El tipo de bóvedas en las que cada hilada se apoya en la anterior confiando en la adherencia del mortero y con frecuencia en una cierta inclinación, fue denominado *par tranches* por Auguste Choisy, es decir, por rebanadas, rodajas, hojas. Emplea esta expresión para denominar a las bóvedas desarrolladas en ese ámbito a partir del siglo VI, en su libro *L'Art de bâtir chez les Byzantins* (Choisy, 1883).² Pero, como es bien sabido, se encuentran ya bóvedas de este tipo con adobes en el Ramesseum de Luxor (siglo XIII a.C.) y su origen es, al parecer, nubio. Se empleó la misma técnica en la gran bóveda del palacio de Ctesifonte (siglo III d.C.). Según el relato de Choisy, Bizancio recogió, por una parte, la habilidad persa para disponer el ladrillo en muy distintos aparejos y, por otra, el hábito romano de cocción del ladrillo para obtener un producto de mayor calidad, dando lugar a las bóvedas por hojas bizantinas.

La narración que hace Choisy del desarrollo de las bóvedas por hojas en Bizancio, presenta una evolución sorprendentemente lógica. En primer lugar, expone diversas disposiciones de



Figura 2. *Bóveda en construcción dirigida por David Wendland como experiencia del sistema, en Meissen (Alemania).*

las hojas para la ejecución de bóvedas de cañón. La más elemental consiste en disponer las hojas en planos verticales, confiando la sustentación de cada ladrillo al pequeño apoyo de su borde fino, la testa o el canto, sobre el del ladrillo que ha sido colocado inmediatamente antes, y especialmente a la adherencia del mortero que lo recibe y retiene sobre la hoja anterior; las piezas giran alrededor del eje del cañón y la hoja de ladrillo forma una corona plana vertical (Figura 3A). Para mejorar la situación, se dispusieron las hojas superpuestas, no según planos del todo verticales, sino ligeramente inclinados (Figura 3B). Pero se dió una mejora aún más sustancial e ingeniosa. Cada una de las hojas compuestas de ladrillos puede desarrollarse, no en un plano, sino según un tronco de cono. En efecto, si el plano de cada ladrillo no es perpendicular al eje de giro, sino que forma con él cierto ángulo constante, el giro genera algo como una porción de superficie cónica (Figura 3C).

Como ocurría con las hojas planas, este tronco de cono puede, a su vez desarrollarse en

vertical (con el eje de giro horizontal, coincidente con el eje de la bóveda) o bien ligeramente inclinado (con el eje inclinado, Figura 3D). Conviene resaltar aquí, por su relación con configuraciones que expondremos más adelante, que esta faja de ladrillos en forma de tronco de cono ofrece siempre, como muestran los dibujos de Choisy, su cara convexa hacia arriba y su cara cóncava, descansando sobre la hoja anterior, hacia abajo. También que los ladrillos que lo componen se colocan manualmente en su lugar desde el lado de la convexidad, lado en el que se sitúa el operario. Si bien es una mera especulación, Choisy también explica la forma de un cintrel o ligero artillugio de control que serviría, no para sostener a modo de cimbra, sino para controlar la correcta posición de cada pieza.

La habilidad de Choisy conduce al lector a comprender la forma y ejecución de las bóvedas bizantinas que parecen bóvedas de arista como una extensión del sistema pensado para bóvedas de cañón. En los cañones, cada hilada,

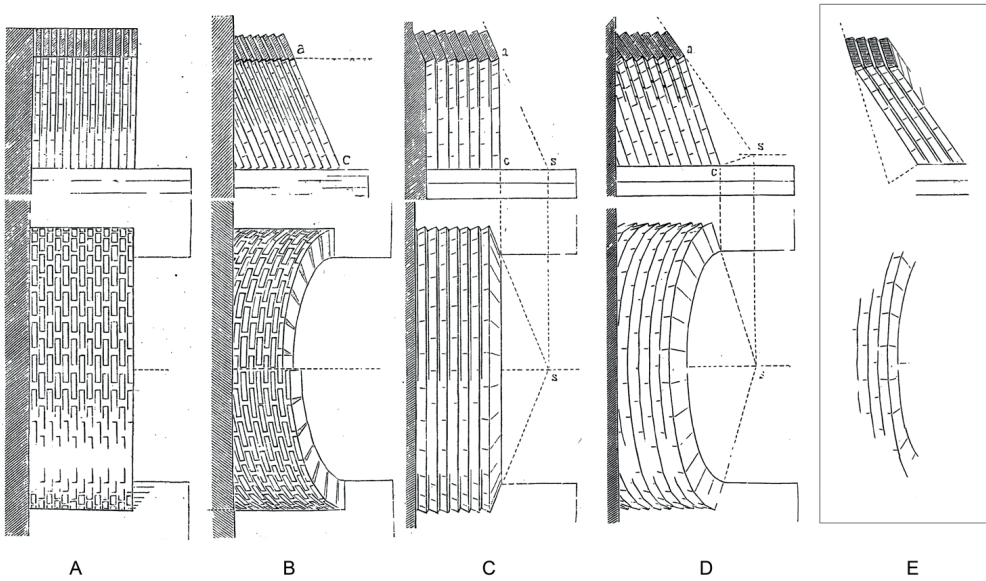


Figura 3. De A a D, composición, a partir de fragmentos de las ilustraciones de Choisy (1883), de diversas maneras de disponer las hojas: A, planas verticales. B, planas inclinadas. C, troncocónicas de directriz vertical. D, troncocónicas de directriz inclinada. En E, elaborada empleando el mismo grafismo de Choisy, se ha añadido la que correspondería a las explicaciones de Vicente Paredes.

plana o cónica, sigue un arco de circunferencia, en el caso más simple girando alrededor del eje de la bóveda. En cada uno de los cuatro sectores de las bóvedas de arista es posible seguir el mismo sistema, es decir, disponer cada hilada siguiendo un arco de circunferencia con centro en el eje correspondiente (Figura 4). Si estos arcos pudieran nacer justamente en los puntos de unas semielipses situadas en los planos diagonales, es decir, de las semielipses que debiera haber en una bóveda de aristas convencional –que son secciones oblicuas de los dos cañones que definen la bóveda–, generarían esos cilindros que son los cañones. Pero en los planos diagonales no se disponían semielipses, sino sencillos arcos de circunferencia, de manera que al hacer girar sus puntos alrededor del mismo eje, éstos describen circunferencias de radio variable, y se obtienen superficies de revolución cuya sección longitudinal es en general una extraña curva y no una recta (la que vemos en la sección de la Figura 4). Estas

superficies se pueden determinar claramente desde un punto de vista geométrico, como se hizo en efecto en el siglo XIX –es una forma de lo que se llamó globoides–; los dibujos de Choisy reflejan estas formas con su habitual cuidado y rigor.³

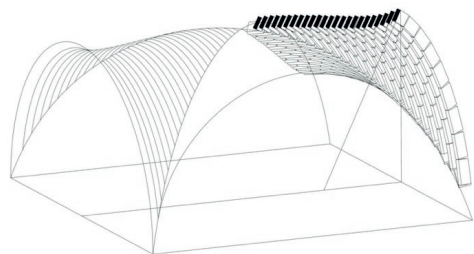


Figura 4. Forma de la bóveda de arista bizantina como resultado de iniciar las hojas de ladrillo desde los puntos de un arco de circunferencia en la diagonal.



Figura 5. Bóveda en la mezquita de las Tornerías.

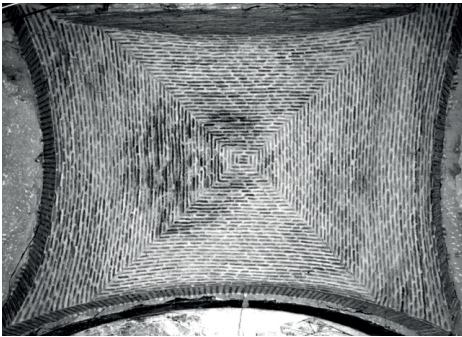


Figura 6. Bóveda añadida en el siglo XII para formar el ábside de la ermita del Cristo de la Luz.

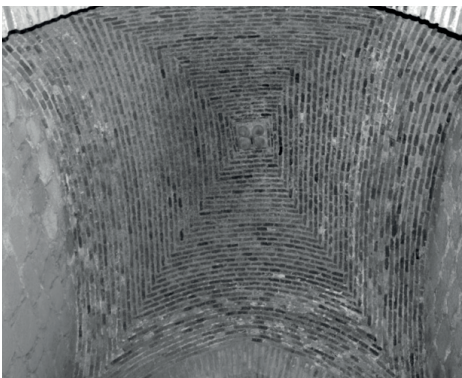


Figura 7. Bóveda en el castillo de Lorca, Murcia.

Para que el arco diagonal, un sencillo arco de circunferencia, no eleve su punto central mucho más que lo que lo hacen los cuatro arcos perimetrales, es adecuado que sea un arco rebajado, es decir, con el centro por debajo del plano de la imposta. Entonces la forma ideal de la sección longitudinal de estas bóvedas resultaría ser una curva con ciertas inflexiones. Como cabe suponer, en la realidad no es fácil reconocer esta forma a la vista, que sería parecida a la de un arco moderno para disparo de flechas, con concavidad central y una pequeña inflexión y elevación en los extremos. Choisy advierte que con frecuencia se pudo haber recortado la parte más exterior, que es la que adquiere una forma final abocinada. En cualquier caso, como señala Santiago Huerta (2009:302), no sabemos si la idea de Choisy es ajustada sin un levantamiento preciso de este tipo de bóvedas, que, al parecer, no se ha hecho.

Así pues, el imperio bizantino dominaba este tipo de bóvedas, ya en los primeros periodos, y las llegó a sistematizar de manera característica. Pero el sistema de formación de bóvedas por hojas sucesivas, ofreciendo el canto al intradós y aprovechando la adherencia de los morteros para tender cada hilada sin cimbras, se ha extendido por toda Europa e incluso América. No es fácil reconocer bóvedas de este tipo, ya que suelen quedar cubiertas por un revoco.

Las bóvedas de plementería de ladrillo y las bóvedas sin nervios alemanas pertenecen a este sistema. Sin duda debe de haber bóvedas ejecutadas de esta manera en muchos otros lugares, especialmente en Italia, donde al menos se conocen las habilidades de Brunelleschi para evitar las cimbras en la gran cúpula de Florencia, y existen otras cúpulas menores con aparejos en espina de pez que tendrían este propósito. Se pueden encontrar bóvedas por hojas semejantes a las bizantinas en castillos medievales españoles de La Mancha (véase el artículo de Ignacio Gil Crespo en este mismo volumen), en la mezquita de las Tornerías y en el Cristo de la Luz en Toledo, alrededor del siglo XII (Figura 5), y en el castillo de Lorca en Murcia, siglo XIII (Figura 6).⁴

Denominaciones

La distinción conceptual entre una bóveda convencional y una levantada por hojas es problemática en algunos casos. Una bóveda de cañón puede ofrecer los cantos o las testas de los ladrillos disponiendo hojas según la sección transversal, pero también ofrece los cantos o las testas en el intradós si se construye por hiladas rectas convencionales según las generatrices del cilindro; en esta última modalidad, que es la más común, las hiladas se van verticalizando progresivamente, de manera que, si en lugar de apoyar en una cimbra se confía en la adherencia del mortero, se podría considerar también una construcción por hojas, con el inconveniente de que las hojas no forman arcos. Algunas bóvedas bizantinas progresan, en efecto, por este sistema solo hasta cierta altura o cierta longitud de hilada.

En una bóveda semiesférica, la disposición habitual comienza estableciendo hiladas cónicas con los ladrillos muy horizontales en la parte baja, y al subir aumenta la inclinación. En este caso las hojas no forman arcos, sino círculos horizontales completos, y cada uno de ellos, así como la bóveda completa, es estable una vez cerrado cada círculo. De manera que, si se confía en la adherencia para su construcción, aún más en este caso se podría considerar de la misma familia que las bóvedas que denominamos por hojas. Sin embargo, en la mayor parte de los casos la diferencia entre una bóveda convencional y una bóveda por hojas es clara.

En Extremadura se ha empleado este sistema en la construcción de un tipo tradicional durante varios siglos. La zona llamada La Raya es lugar

de especial concentración, y habría que incluir también el Alentejo, llegando hasta Lisboa, y el sur de Salamanca. Un estudio atento a este tipo de construcción seguramente descubriría que es mucho más general de lo que se puede pensar.

Al tratar de bóvedas extremeñas se suele destacar muy especialmente el uso de la construcción tabicada. Son las tabicadas extremeñas bóvedas de arista con hiladas cuadradas, con frecuencia rebajadas, pero con una peculiar forma que realza algo la clave central sobre las claves de los arcos perimetrales. Se menciona con menor frecuencia un tipo que es semejante, pero ejecutado con ladrillo por hojas. En Extremadura se conoce como bóveda a rosca.

No es prudente contradecir las denominaciones tradicionales de los procedimientos constructivos, pero conviene advertir que la bóveda a rosca extremeña no coincide con lo que en otros lugares se llama bóveda o arco a rosca, o rosca de ladrillo. Ya se han mencionado las dificultades de clasificación de algunos tipos de bóveda. Sin embargo, en el caso elemental de un arco, considerando el hecho simple de que el ladrillo tiene tres dimensiones, se puede afirmar que, cada hilada de ladrillo se puede disponer de tres maneras (Figura 8): la que se denomina comúnmente a rosca, que consiste en que el plano principal del ladrillo, la cara o tabla, se dirige hacia el eje de giro; la tabicada, de modo que la tabla forma el intradós; y la que corresponde a la técnica que aquí denominamos por hojas, que dispone la tabla frontalmente (o casi frontalmente), paralela al frente del arco. No hay más posibilidades, aunque, naturalmente, cada una de estas tres tiene dos variantes, según la



Figura 8. Posibles posiciones del ladrillo en un arco. De izquierda a derecha, a rosca, tabicado, por hojas.

disposición de las dos dimensiones de la cara. Pues bien, las bóvedas extremeñas, de las que se tratará a continuación, se han denominado a rosca, pero son del tercer tipo, por hojas.

Las bóvedas extremeñas llamadas de rosca

La bóveda por hojas extremeña conoció probablemente su apogeo en los siglos XVIII y XIX. Lo acredita el manuscrito que sobre este tipo de construcción escribió Vicente Paredes, quien lo fechó en 1883, en curiosa coincidencia con la publicación del libro de Choisy sobre Bizancio.⁵ Aunque algunos otros habían mencionado el sistema con anterioridad (véase Rabasa et al., 2020), Paredes lo quiere explicar en profundidad.

Este tratado se titula “Construcción sin cimbra de las bóvedas de ladrillo con toda clase de morteros”, pero en el manuscrito se puede ver que el título inicial, luego tachado, era “Construcción sin cimbra de las bóvedas de cal y ladrillo” (Paredes, [1883] 2004). Su lectura es algo pesada y poco fácil de seguir, pero ofrece alguna noticia e intuiciones interesantes. El texto manifiesta que Paredes consideraba la ejecución de bóvedas tabicadas como una práctica muy extendida y no específicamente propia de Extremadura, y frente a ellas quiere destacar, por el contrario, la bóveda extremeña construida sin cimbra, pero con cal. Con pesada retórica decimonónica dice:

... [está] próximo a desaparecer este método, porque el yeso en esta comarca va sustituyendo a la cal, y los albañiles dedicándose a imitar esta clase de bóvedas con las tabicadas, y porque no vemos lejano el día en que no sepan hacerlas como no se hacen en parte alguna y las sustituyan por las que, colocando los ladrillos pegados por sus cantos con yeso se construyen en todas partes, no ofreciendo otra dificultad ni más mérito que el de saber templar el mortero... (Paredes, [1883] 2004, 110).

De aquí se deduce que, en el pensamiento de Paredes, la bóveda típicamente extremeña presenta una forma general característica que puede ser alcanzada con la construcción tabicada o bien con la que denominamos por hojas.

La primera técnica aprovecha la rapidez de fraguado del yeso, pero la segunda confía en una cierta adherencia, que se da, señala Paredes, en el mortero de cal y también en el de barro; probablemente por esto rectifica el título y se refiere a “toda clase de morteros”.

En cuanto a la prioridad en la tradición extremeña de la bóveda de cal (hoja) sobre la de yeso (tabique), no tenemos aún datos suficientes. Manuel Fortea y Vicente López (1998:21) han mostrado la presencia de bóvedas tabicadas en Extremadura en el siglo XVII; la construida así en 1660 en la iglesia de Bienvenida (Badajoz) consta como una técnica novedosa en su momento. Quizá la idea de que la tabicada viene a reemplazar a la tradicional se mantuviera durante doscientos años, hasta el manuscrito de Paredes.

En la intuición de Paredes, la sustentación sin cimbra de los ladrillos se fundamenta por una parte en esta adherencia, y por otra en la disposición de los ladrillos y la forma de cada hilada. Es aquí donde introduce una reflexión algo torpemente explicada pero muy interesante para la comparación de esta tradición extremeña con la forma de ejecución que Choisy describe para las bizantinas.

Más arriba hemos explicado el importante papel que para Choisy cumple la modalidad de bóveda bizantina que dispone los ladrillos en forma troncocónica. Esa hilada deja su convexidad al exterior, desde donde trabaja el albañil. Pues bien, Paredes insiste mucho en la relevancia de una supuesta disposición de los ladrillos de la hilada siguiendo “conos constructivos”, pero la posición de estos conos sería más bien la contraria a la mostrada en las explicaciones de Choisy.

Comienza Paredes apoyándose en la idea de estabilidad que resulta evidente en las hiladas circulares de una bóveda de media naranja convencional. Citando a Fray Lorenzo de San Nicolás, Paredes explica que cada una de estas hiladas forma un tronco de cono con el vértice hacia abajo, y cómo, completada la hilada, aunque sea horizontal, los ladrillos quedan comprimidos; el desarrollo de la idea le lleva a presentar como alternativa viable la bóveda

plana de ladrillo formada por hiladas cónicas, cuya sección sería algo como un arco adintelado de ladrillo. Pasa después a considerar que la concavidad del apoyo, ventajosa para una hilada completa, lo sería también para un arco de esa circunferencia (contrarrestando, naturalmente, el empuje en los extremos), y que la posición más o menos inclinada de la hilada no impide este funcionamiento. Con algunos dibujos confusos (Figura 9) explica que, si una hilada cónica tiene su concavidad hacia abajo, se comporta simplemente como un arco, pero si, por el contrario, la tiene hacia arriba, como ocurre en las de la media naranja o en esa hipotética bóveda plana por hiladas redondas, entonces la compresión derivada del apoyo en el cono anterior supone una ventaja notable.

Las bóvedas extremeñas que no son tabicadas, las que llaman a rosca, presentan a simple vista un gran parecido con las bóvedas de arista bizantinas, y ambas se adaptan a muy diversas disposiciones de los arcos perimetrales. Sin embargo, muestran algunas particularidades importantes en su ejecución y forma. Para definir las debemos confiar en la apariencia de las viejas bóvedas sin revoco, ya que, aunque se han seguido empleando hasta no hace mucho, una hipotética permanencia invariable hasta nuestros días podría ser discutible.

La forma común de las extremeñas en viviendas es, lógicamente, rebajada; entonces tanto las aristas como los arcos perimetrales son rebajados, elípticos habitualmente, y la clave central presenta una ligera elevación, denominada retumbo (también se han empleado otras palabras). Pero, como hemos señalado, admiten cualquier condición para los arcos del contorno. En los arranques, o incluso en toda la arista, se colocan macizos de ladrillo, las llamadas pechinas, dispuesto de manera más o menos radial, es decir, como en una rosca convencional, en los que apoyan los extremos de las hiladas por hojas (López Romero y López Bernal, 2015). Estas hiladas aparecen curvas a la vista. Podemos suponer que se trata de hojas planas o troncocónicas. La curvatura del borde de la hoja se aprecia claramente desde abajo (Figura 10) y en algunos casos es muy cerrada. Si a partir de esas curvas, que son muy horizontales, imaginamos

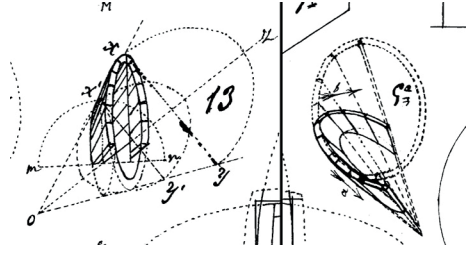


Figura 9. Ilustración de las hiladas cónicas dispuestas con la convexidad hacia arriba o hacia abajo, en el manuscrito de Paredes ([1883] 2004), Figuras 5 y 13.



Figura 10. Bóveda en el Palacio de los marqueses de Oquendo en Cáceres (fotografía de Fernando Enriquez).

troncos de cono con la convexidad hacia arriba para horizontalizar los ladrillos aún más, al modo de Choisy, probablemente no habría espacio físico sobre la hilada anterior; y en el intradós, el tramo libre de solape entre hojas llegaría a quedar visto en mayor extensión que los cantos (Figura 11, izquierda). Así que la curvatura aparente de las hiladas parece hacer descartar que se empleara la solución troncocónica tal como la explica Choisy. Sin embargo, sí es posible que

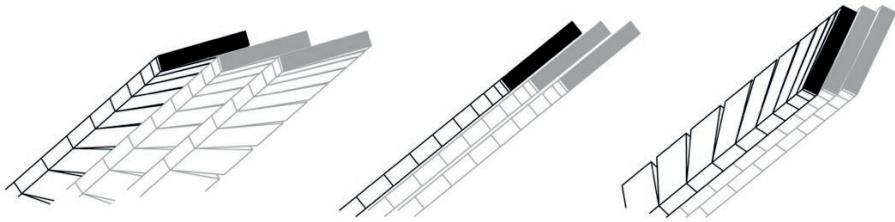


Figura 11. Con hiladas de directriz muy inclinada, como suele suceder en las extremeñas, la disposición según conos convexos impide una correcta superposición; no existe ese problema si los conos son cóncavos (considerando cóncavo y convexo siempre desde el espacio del constructor). Aquí la inclinación en los tres casos es de 51 grados, que se corresponde con Albarrán (1885, V, Figura 7), pero en otras ilustraciones de este autor, y en las ejecutadas, es mayor:

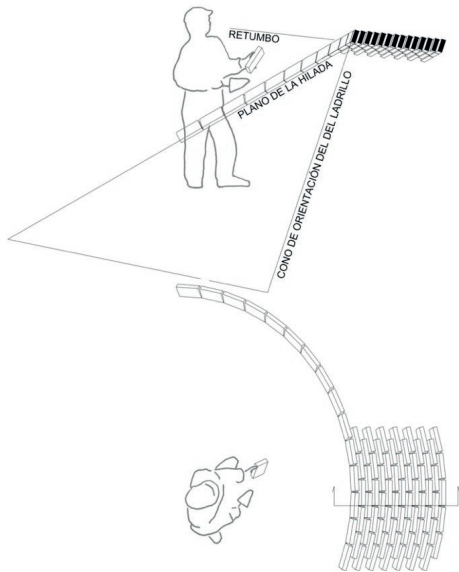


Figura 12. Concavidad de la hilada en la bóveda extremeña; hiladas y operario en proyección horizontal y vertical. Las hiladas de las bóvedas extremeñas suelen ser cortas, pero aquí se ha extendido la primera para mostrar mejor su forma troncocónica.

las hiladas sean sensiblemente planas, y quizá lo son en algunos casos, y también es posible la alternativa que propone Paredes (Figura 11, centro y derecha). Las hiladas podrían ser troncocónicas y con su concavidad dirigida hacia arriba. De esa manera, además, las piezas serían

colocadas por un albañil desde la zona central de la bóveda, entre las cuatro hiladas que van avanzando (Figura 12). Eso tiene mucho sentido en principio, ya que la propia disposición abanicada y cóncava de los ladrillos se correspondería con una colocación manual cómoda desde esa zona cóncava.

Las hiladas de una bóveda de arista bizantina pueden ser planas o cónicas, pero parece que son siempre verticales, al contrario que las de los cañones. Una diferencia notable entre las bóvedas de arista por hojas que se pueden ver en Estambul y las que se encuentran en Cáceres –de apariencia semejante, por otra parte, como muestran las Figuras 13 y 14– es que, en las primeras, las hiladas y juntas más exteriores son verticales, es decir, forman cuadrados concéntricos en planta, mientras que en las segundas, ya desde el perímetro las hiladas han de aparecer como líneas sobre planos inclinados, y requieren en consecuencia un cierto relleno de hiladas interrumpidas en la especie de enjutas que hay entre la primera hilada completa y el arco o muro de apoyo.

El resto del escrito de Paredes, de una manera muy propia de finales del XIX, se adentra en cuestiones geométricas y abstractas, pretendidamente más científicas, que no mejoran en nada el conocimiento de esta tradición. Como ha ocurrido tantas veces, se especula estérilmente sobre la naturaleza cilíndrica, esférica, esferoidal, elíptica, etc. de los paños resultantes, es decir, de unas formas geométricas que derivan de la actividad manual de un operario, el cual

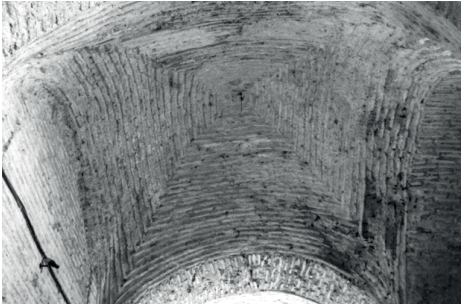


Figura 13. Bóveda por hojas en Santa Sofía de Constantinopla.

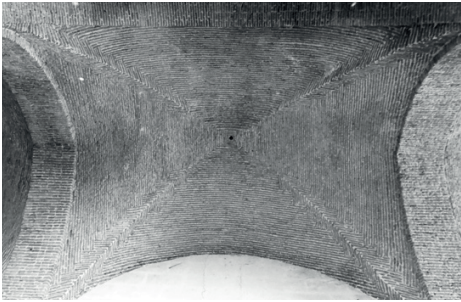


Figura 14. Bóveda por hojas en la catedral de Plasencia (estas datan del siglo XVIII, según información del profesor Francisco Javier Pizarro Gómez).

evidentemente nunca ha tenido preocupaciones de ese tipo en la mente. Es interesante observar que en las conclusiones Paredes propone como mejores dimensiones del ladrillo, para este propósito, las $14 \times 21 \times 3,2$ cm, y afirma que el trabajo resulta a 2-3 reales por metro cuadrado, desarrollado por albañiles que ganan 20 reales en un día de 10 horas. No se sabe si eso incluye a un maestro bovedero y su ayudante, pero si se deduce que resultarían unos cuatro metros cuadrados por día.

México

En la actualidad es México el lugar donde más se experimenta con este modo de construir bóvedas de ladrillo sin cimbra y por

hojas. Los resultados son sorprendentes, por ejemplo, en las bóvedas tendidas por Ramón Aguirre Morales y Alfonso Ramírez Ponce, ambos profesores de universidad y constructores activos que transmiten su quehacer con entusiasmo. Es este último quien ha acuñado una denominación muy expresiva para tal manera de hacer: bóvedas recargadas.⁶ En efecto, los ladrillos de sus bóvedas se disponen por hojas que, ligeramente inclinadas, descansan en las anteriores. Es el canto lo que aparece en el intradós, y en las zonas más horizontales de la bóveda puede resultar un escalonamiento visible de estos cantos. Las dimensiones que Alfonso Ramírez prefiere son $5 \times 10 \times 20$ cm (1000 cm^3 , muy semejante a los 941 cm^3 del ladrillo de Paredes) y ofrece también, como Paredes, una estimación del progreso del trabajo, 2 horas por hombre y metro cuadrado (cuatro metros cuadrados por día de 8 horas), frente a las 5 horas de un trabajo convencional.

Esta técnica ha sido un uso tradicional en El Bajío mexicano. A la vista de los precedentes, la aparición de la bóveda por hojas –o recargada, o autoportante– precisamente en México, no debería ser considerada a la ligera como un caso de evolución convergente. Se ha dicho que el trujillano Francisco Becerra, que trabajó en Puebla, pudo haber llevado las tradiciones extremeñas en el siglo XVI,⁷ pero, evidentemente, no fue el único constructor extremeño en Nueva España.

Antes hemos señalado que para asentar un ladrillo hay tres posiciones básicas. Por otra parte, los morteros de yeso o cal han tenido un recorrido muy largo. En consecuencia, no se puede negar la posibilidad de que las disposiciones tabicadas y por hojas se hayan podido considerar eficaces más de una vez a lo largo de la historia, sin necesidad de pensar en una transmisión del conocimiento. Sin embargo, tras el origen el Egipto y Persia, es tentador imaginar los lugares mencionados aquí al tratar las bóvedas por hojas recibidas con mortero de cal,⁸ como acontecimientos sucesivos: Bizancio, experiencias europeas y españolas medievales, Extremadura, y finalmente México.

**Para seguir leyendo, inicie el
proceso de compra, click aquí**