Hespéris-Tamuda LX (2) (2025): 141-191

Again on Special Methods of Building Vaults in al-Andalus and al-Maghrib

De nuevo sobre modos especiales de construir bóvedas en al-Ándalus y al-Maghrib

Antonio Almagro
Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Madrid

Abstract: In some previous works, I have been analysed certain ways of constructing vaults in the Islamic West. Vaults with intersecting arches, vaults built with vertical sheets of bricks in rows, brick vaults laid flat or vaults with inclined rows designed to dispense with formwork were used in certain constructions of the Almohad period, yet some of these techniques are already attested earlier, and sometimes even simultaneously, in other areas of the Islamic world. New data and recent findings allow us to focus on this subject, which, among other things points to influences, and without a doubt, the transfer of people and ideas through the Dār al-Islām, and from where they were also transmitted to other territories of the Christian West.

Keywords: Vaults, Arcs, Construction, Brick, Plaster.

Introducción

Las formas y modos de construir, lo que conocemos como técnicas constructivas, responden generalmente a las tradiciones que se van transmitiendo en el tiempo y que suelen guardar relación con diversas circunstancias como la localización geográfica, el clima, la geología del lugar, etc. Estas afectan a los materiales disponibles y a las necesidades bioclimáticas, pero también a aspectos sociales de la colectividad que las utiliza. Pese a responder en general a estos condicionantes, hay otras motivaciones que con frecuencia se dan, como son las transmisiones a través del espacio, es decir, que los conocimientos constructivos propios de un área geográfica e incluso de un grupo social, se transmitan a otras zonas más o menos distantes, siendo adoptadas incluso por otros grupos sociales distintos. El análisis de estas transmisiones de saberes forma sin duda parte importante de la historia de la cultura y aportan con frecuencia información sobre otros aspectos de índole política o de relaciones de otra naturaleza como puedan ser las económicas y comerciales o incluso religiosas.

A lo largo de la historia, se han producido siempre fenómenos de expansión y difusión de ideas y conocimientos coincidiendo generalmente con procesos de creación de grandes entes políticos. Los grandes imperios de la antigüedad, como el faraónico, el persa aqueménide, el romano o el sasánida, propiciaron la expansión de formas de construir a lo largo de los extensos territorios que les estaban sujetos. Las obras promovidas por el poder centralizado servían de modelo para otras construcciones y pese a las adaptaciones a las circunstancias y particularidades de cada territorio, los deseos, siempre presentes, de dar una imagen de unidad política, servían para

que formas específicas se adoptaran al unísono en lugares distantes. A la vez que se asumían esos elementos formales, lógicamente se adoptaban igualmente los modos de construirlos. Pero no solo en el ámbito oficial se producen estos intercambios. La unidad política suele traer consigo facilidades de intercambios comerciales y con ello de viajes y traslados de personas entre distintos lugares.

El mundo islámico se extendió ya en el siglo VIII desde el Atlántico hasta el río Indo abarcando territorios y pueblos con tradiciones arquitectónicas muy heterogéneas que pronto se interrelacionaron. Aunque la unidad política se fraccionó muy tempranamente, las relaciones comerciales y culturales se mantuvieron muy activas basadas en realidades incuestionables: una religión y una lengua común, ambas profundamente interrelacionadas.

La presencia de determinadas formas y sobre todo de técnicas constructivas muy singulares en lugares muy distantes entre sí dentro de los vastos territorios por los que se expandió el Islam en sus primeros siglos de existencia muestran el indudable papel que jugó esta religión, y la cultura a ella asociada, en la difusión de conocimientos y conceptos estéticos, que aunque tomados en muchos casos de otras culturas precedentes, pasaron a ser parte sustancial de ella.

El análisis de algunos de estos casos que aparecen en al-Ándalus y al-Maghrib, el extremo occidental del mundo islámico medieval, sin duda procedentes del otro extremo de ese mundo, sirve de clara confirmación de estos procesos. Esta interrelación entre territorios lejanos y de tradiciones culturales distintas se puede observar a través de algunas formas de construir que por su singularidad es muy difícil que se hayan generado de forma simultánea en sitios tan distantes.

En el ámbito de las culturas constructivas, juegan un papel relevante los modos en que se realizan las cubriciones de los espacios arquitectónicos, algo que suele estar íntimamente ligado a la disponibilidad de algunos materiales especialmente idóneos para este fin. El material más versátil y por tanto más utilizado ha sido tradicionalmente la madera, que posee unas propiedades muy sobresalientes, especialmente por su resistencia a flexo-tracción, muy superior a la de materiales como la piedra o el ladrillo. Además, la relación entre el peso del material y su capacidad resistente es igualmente muy favorable para su uso en estructuras horizontales, en las que el peso propio de la estructura juega un papel determinante en su comportamiento estático. El modo más habitual de utilizar la madera es en forma de vigas dispuestas horizontalmente, en las que los espacios que quedan entre ellas se cubren a su vez con otras vigas menores o con tablas del mismo material. En

otras ocasiones, estos espacios también pueden cerrarse con otro tipo de estructuras secundarias, como bovedillas de ladrillo o yeso.

La madera tiene igualmente aplicación en la construcción de estructuras inclinadas, propias de las cubiertas que requieren facilidad de evacuación del agua de lluvia, ya sean simples, como meros forjados inclinados o complejas, como armaduras y estructuras reticulares. El único inconveniente de las estructuras de madera es que pueden ser fácilmente destruidas por el fuego o por agentes biológicos al tratarse de un material de origen orgánico y por tanto sensible a las acciones de agentes de esta naturaleza. Pese a ello, si el material se mantiene en condiciones favorables, puede perdurar durante siglos manteniendo sus propiedades mecánicas.

Pero la madera no siempre se encuentra en todos los lugares, sobre todo en las dimensiones y con la calidad necesarias para resolver este tipo de necesidades. De modo que en lugares en los que la madera escasea o no está disponible, se han desarrollado otros tipos estructurales basados en el uso de materiales de base mineral, como la piedra o el ladrillo, más fáciles de obtener en cualquier sitio. El problema de estos materiales es su escasa resistencia a las tracciones, lo que los hace inadecuados para las estructuras estrictamente horizontales, pues requieren de secciones desproporcionadas para poderse utilizar formando vigas. Pese a ello, determinadas piedras de alta resistencia, como los basaltos, se han utilizado en ocasiones para este menester, aunque lógicamente con una fuerte limitación en sus dimensiones y por tanto en la anchura de los espacios a cubrir.[1]

No obstante, los materiales pétreos y cerámicos han encontrado su uso en la resolución de estructuras de cubrición disponiéndolos de modo que su trabajo sea esencialmente a compresión. Esto requiere adoptar formas que se aproximen a las líneas de fuerza que aparecen en las estructuras (antifuniculares), que se generan por las cargas que actúan en ellas y que en estos casos están constituidas mayoritariamente por el peso propio que muchas veces supera al peso de las personas u objetos que en ellas se asientan. Se trata evidentemente de arcos y bóvedas que pueden realizarse con piedras o ladrillos, e incluso con adobes, y la correspondiente argamasa de asiento y unión de las piezas que los componen. En estas estructuras, los distintos elementos que las forman deben funcionar al unísono, es decir, que la estructura debe estar completa con todos ellos para que los materiales puedan actuar en la forma prevista. Esto comporta la necesidad de mantenerlos en su posición durante todo el proceso de construcción hasta que la estructura está completa y puede funcionar de manera unitaria. Para ello se requiere disponer de estructuras auxiliares temporales que cumplan ese cometido, lo que

[1]. Howard C. Butler, *Ancient Architecture in Syria. Southern Syria. The Southern Ḥaurân*, II. A. 2 (Leyden: Brill, 1909), 68.

conocemos como cimbras, y que además sirven para definir y controlar la forma de la estructura.

Las cimbras, que son estructuras temporales, se suelen realizar con madera por las facilidades que permite este material en el ensamblaje de las piezas y la posibilidad de reutilización cuando los elementos estructurales se repiten dentro de la misma construcción. Pero de nuevo existe un problema en las áreas geográficas en las que escasea la madera y, consecuentemente, hay ausencia del material y de tradiciones carpinteras. Para solventar este problema se ha recurrido normalmente al empleo de ciertos materiales y a formas de construir que evitan o minimizan el uso de cimbras. Curiosamente, algunas de estas zonas, generalmente áridas, coinciden con territorios en los que se producen las primeras culturas que han generado construcciones arquitectónicas y que presentan una larga y extensa tradición constructiva, sobre todo de edificios abovedados. Nos referimos a lo que denominamos el Oriente Próximo y en especial a los territorios que hoy ocupan Irak y Persia.

Algunas de estas maneras de construir las encontramos igualmente en el extremo occidental del Mediterráneo, a muchos miles de kilómetros, en unas zonas geográficas en las que la madera, sin ser especialmente abundante, tampoco escasea. Esto viene a demostrar, en primer lugar, que las ideas y los conocimientos viajan cuando se dan unas mínimas condiciones para ello. Pero además, también demuestra que, aunque las condiciones que generaron un determinado conocimiento no se reproduzcan exactamente, se pueden aprovechar de él otras ventajas que aporta. Esta transmisión se ha podido producir por la emigración de personas de una región a otra, en donde al establecerse mantienen sus tradiciones y costumbres introduciendo sus conocimientos en la cultura local que los puede utilizar e incorporar a sus modos de trabajo al descubrir su utilidad. En otros casos pueden ser personas que por alguna causa viajan temporalmente a otros lugares las que directamente aprendan y adquieran los conocimientos que luego utilizarán en su lugar de origen.[2] Dentro de este caso hay que considerar el papel que sin duda jugó la peregrinación a la Meca,[3] que obviamente puso en contacto a personas provenientes de sitios diversos y que muchas veces se veían obligadas a trabajar en sus oficios a lo largo de la ruta como medio de pagarse el largo viaje. También hay que considerar la voluntad explícita de los gobernantes de aplicar en sus obras cosas que han visto o les han contado de otros lugares y para lo que mandan venir operarios de esos sitios o envían a algunos de sus súbditos a que aprendan a hacerlas. De estos hechos tenemos

---

2. Es bien conocido la importancia que tuvo en el desarrollo del saber religioso los viajes y estancias de formación de los ulemas andalusíes que conocemos a través de los diccionarios biográficos: https://www.eea.csic.es/pua/index.php

3. Jonathan M. Bloom, "Architectural 'Influence' and the Hajj," in *The Hajj: Collected Essays*, ed. Venetia Porter, Liana Saif (London: The British Museum, 2013), 137-138.

testimonio como es el caso del rey Pedro IV de Aragón que ordena que varios de los alarifes que trabajan en su palacio de la Aljafería de Zaragoza se desplacen a Valencia para aprender a construir las bóvedas tabicadas que allí se hacían, por entender que eran de gran utilidad.[4]

La construcción de bóvedas sin cimbra o con cimbras muy ligeras se hace generalmente con ladrillos, que son piezas de pequeñas dimensiones, fáciles de manejar con las manos y de reducido peso unitario, lo que facilita su manipulación y su adherencia y sustentación al unirse a otras piezas mediante solo el mortero de agarre. Se pueden distinguir tres formas de aparejar un arco o una bóveda de ladrillo. La forma más habitual es con disposición radial con las juntas convergentes al centro de curvatura del arco. En este caso, se hace imprescindible el uso de una cimbra pues a medida que nos acercamos a la clave del arco, los ladrillos toman una posición casi vertical y el mortero no es capaz de mantenerlos en su lugar, por lo que deben ser sustentados temporalmente. Cuando se trata de un arco de gran espesor o de una bóveda, lo normal es disponer los ladrillos con juntas discontinuas para trabar mejor la fábrica.

Otra manera de aparejar un arco es colocando los elementos en hiladas, ya sean verticales o inclinadas, formando hojas de ladrillos o adobes que se unen por sus testas y que se pegan a otras hojas asentadas con anterioridad y a las que se adhieren por las caras más grandes de los ladrillos[5]. De este modo, cada hoja forma un arco capaz de autosustentarse y en el que los ladrillos que la componen se mantienen en su posición gracias a la simple adherencia del mortero hasta que se cierra el arco de cada hoja. Cuando los ladrillos que forman cada hoja mantienen sus caras mayores en planos verticales, se hace imprescindible el uso de un mortero de alta viscosidad y adherencia como el yeso, para asegurar la fijación de las piezas hasta que se cierra el arco.[6] Si las hojas se disponen con cierta inclinación, es posible asentar los ladrillos con mortero de cal o incluso, cuando se usan adobes, con barro. Cuando se trata de bóvedas, lo habitual es iniciar su construcción por un extremo que se halle cerrado por un muro, de modo que la primera hoja se adhiere al muro y las sucesivas a las hojas anteriores. Cuando se construyen arcos exentos con esta técnica, se construye la primera hoja sobre una cimbra

---

4. Mercedes Gómez-Ferrer Lozano, "Las bóvedas tabicadas en la arquitectura valenciana," in *Construyendo bóvedas tabicadas, Actas del Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas, Valencia 26, 27 y 28 de Mayo de 2011* (Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 2012), 64.

5. Enrique Rabasa Diaz, "Bóvedas sin cimbra: ladrillo autoportante por hojas o recargado," in *Construyendo bóvedas tabicadas II, Building Tile Vaults II,* eds. Vegas, F., Marín, R., García-Soriano, L., Mileto, C. (Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 2022): 3-15.

6. También es posible que se sostengan los ladrillo en hiladas verticales con mortero de cal con una adecuada dosificación. Enrique Rabasa, "La técnica de puesta en obra de bóvedas de ladrillo por hojas con mortero de cal. Fuentes primarias y experiencias con maestros de México y Extremadura," *Journal of Traditional Building, Architecture and Urbanism* 5 (2024), 344-346.

ligera formada por tablas dispuestas de canto o incluso, por placas de yeso preformadas, evitando de ese modo el uso de madera.[7] Esta primera hoja se suele construir en el centro del espesor del arco. Las siguientes hojas se van adhiriendo a esta por ambos lados y sucesivamente a las que se van montando hasta completar el espesor deseado.

Por último, otra forma de aparejar arcos o bóvedas de ladrillo, es colocar estos de plano, uniendo las piezas por sus cantos o testas como si se tratara de un tabique dispuesto a panderete. De ahí el nombre habitual con el que se las conoce, al menos en España: bóvedas tabicadas. En este caso, como los ladrillos se unen por sus caras más estrechas se hace imprescindible el uso del yeso como material de agarre para garantizar una buena adherencia y un rápido fraguado. Estas bóvedas requieren poder iniciar su construcción por un ángulo de dos paredes de modo que al menos dos de los cantos o testas del primer ladrillo puedan adherirse a estas superficies. Los sucesivos se colocan de modo que siempre se adhieran por dos testas, procurando contrapear las juntas. En ciertos casos, se utilizan cimbras ligeras móviles con forma de cercha que permite la sustentación inmediata de los ladrillos, pero que, sobre todo, facilita el control de la forma de la bóveda (fig. 1). Este tipo de bóvedas se suelen trasdosar con hojas sucesivas para aumentar el espesor y su resistencia. En estos casos las hojas se adhieren a la anterior mediante yeso, aunque modernamente se ha utilizado también mortero de cemento.[8]

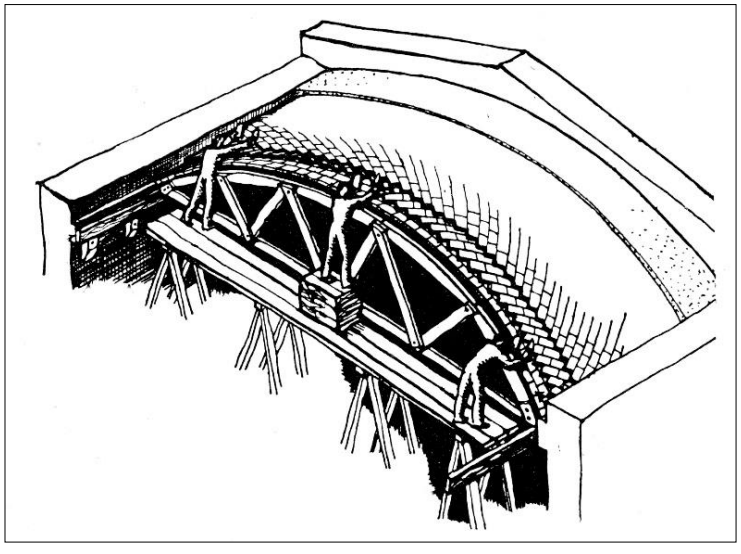


Fig. 1: Sistema de construcción de una bóveda tabicada de varias hojas, © Moya Blanco, *Bóvedas tabicadas*.

[7]. André Godard, "Voûtes iraniennes," *Athar-é Iran* IV (1949), fig. 173.
[8]. Luis Moya Blanco, *Bóvedas tabicadas* (Madrid: Ministerio de Gobernación/Dirección General de Arquitectura, 1947), 20.

Una forma más compleja de construir bóvedas con un limitado recurso al empleo de cimbras es el de las bóvedas de nervios, y dentro de ellas, las de arcos entrecruzados. La disposición de nervios, o elementos estructurales graduales, permite establecer distintos órdenes o categorías en las diferentes partes en que se organiza la estructura facilitando un proceso de construcción progresivo y jerarquizado, de modo que en cada nivel se requiere de unos medios auxiliares reducidos o en algunos casos se llega ya a prescindir de ellos. En una bóveda nervada se cimbran solo los nervios y no la totalidad de la bóveda. Los plementos o partes de la bóveda que cierran los espacios entre los nervios se construyen en muchos casos sin cimbras o con sistemas de sostén temporal muy simples y que, al igual que en el caso de los nervios, se pueden ir reutilizando. Como se explica más adelante, no es imprescindible cimbrar todos los nervios a la vez para construirlos, sino que es posible utilizar una única cimbra que se va desplazando para construir cada arco.

En este trabajo se va a hacer un repaso de los ejemplos que existen de estos tipos de bóvedas que hemos enumerado en al-Ándalus y al-Maghrib, incorporando algunos casos recientemente identificados y que permiten afianzar la hipótesis de que estas maneras de construir provienen de zonas del Oriente Próximo y se difundieron por los territorios del Islam hasta alcanzar las zonas más occidentales, desde donde pasaron de manera muy especial, al mundo cristiano de la Península Ibérica alcanzando un amplio desarrollo.

Bóvedas de ladrillo por hojas

Este tipo de bóvedas, que ya hemos descrito, son de uso muy antiguo pues hay ejemplos de ellas en el Egipto faraónico y prácticamente desde que hay construcciones arquitectónicas en la región de Oriente Medio. Lo que aquí interesa es ver su existencia y difusión en el área occidental del Mediterráneo, en donde siendo más recientes, parece que su utilización llegó de alguna manera por influjos del mundo oriental. De estas bóvedas ya hemos también indicado que existen dos grupos. Aquellas en que las hojas tienen disposición vertical y las que se disponen en planos inclinados. De las primeras no existen muchos casos, pero sí los suficientes para asegurar su uso desde época muy temprana de la presencia islámica en el occidente del Mediterráneo y con mayor abundancia en un periodo bastante acotado del siglo XIII. Las de hojas inclinadas, bastante abundantes en muchas zonas de la Península Ibérica y cuyo uso ha llegado hasta nuestros días, se han considerado de influencia bizantina, apoyándose sobre todo en los estudios de Choisy.[9] Pero la presencia de algún ejemplo de época almohade permite plantear también en este caso la posible transmisión a través de los territorios del Islam, sin dejar de considerar que en oriente estas bóvedas fueron usadas

[9]. Auguste Choisy, *L'art de bâtir chez les Byzantins* (Paris: Librairie de la Société Anonyme des Publications Périodiques, 1883), 32-42

por bizantinos y sasánidas,[10] cuyas obras arquitectónicas están en la génesis de la arquitectura islámica. Igualmente, la incorporación de estas técnicas a la arquitectura bizantina parece estar más influenciada por tradiciones constructivas orientales que por las de la arquitectura clásica greco-romana.

En al-Ándalus, la primera bóveda que conocemos de hojas verticales es la que cubre la escalera del antiguo alminar, hoy torre de la iglesia de San Juan de los Caballeros de Córdoba.[11] Es esta una bóveda muy singular pues tiene un desarrollo helicoidal, ya que la escalera se desenvuelve dentro de un cilindro de 1,20 m de radio girando en torno a un machón central de 0,5 m de radio. El pasaje que recorre la escalera, de solo 0,70 m de ancho, se cubre con una bóveda de cañón (fig. 2) formada por ladrillos dispuestos por hojas verticales colocadas radialmente respecto al centro de la torre.[12] Este alminar se considera uno de los más antiguos de al-Ándalus tanto por sus elementos decorativos como por la propia planta y disposición de la escalera cuyo paralelo más inmediato es el alminar de la mezquita de Ibn Adabbás de Sevilla, construida en el año 829-830, de acuerdo con la inscripción grabada en el fuste de una de las columnas que formaron parte del oratorio.[13] Otro ejemplo de este tipo de estructura lo encontramos en la bóveda que cubre el pasadizo de acceso al aljibe de la casa de las Veletas, hoy Museo Provincial de Cáceres y que Torres Balbás la considera del siglo XII.[14]

Los siguientes ejemplos que tenemos de bóvedas de este tipo los encontramos en Túnez, y formaban parte de una puerta que comunicaba la alcazaba levantada por los almohades al oeste de la medina, con el exterior de la ciudad.[15] Se trataba de dos bóvedas de arista cuyos arranques estaban formados por hiladas de ladrillos horizontales y que a partir de una cierta altura se disponían formando hojas verticales (fig. 3). De las bóvedas de ladrillo solo se conservaban partes de los arranques, aunque se mantenía una parte importante del relleno de los senos hecho con hormigón de cal.

---

[10]. Oskar Reuther, "Sasanian Architecture," in *A Survey of Persian Art from prehistoric times to the present*, vol. I, cap. 23, ed. Arthur Upham Pope (London: O.U.P., 1938), 500.

[11]. Félix Hernández Giménez, *El alminar de 'Abd al-Raḥmān III en la mezquita mayor de Córdoba. Génesis y repercusiones* (Granada: Patronato de la Alhambra, 1975),143-144, L XXVII. Félix Hernandez incluye aquí un precedente preislámico en una bóveda de la iglesia visigoda de San Fructuoso de Montellios, que pudo tener influencia bizantina. No obstante, recientes investigaciones apuntan a que dicha bóveda puede ser muy posterior.

[12]. https://www.academiacolecciones.com/arquitectura/arquitectura-al-andalus.php?pag=3&orden=3&direccion=0#&gid=1&pid=AA-104_01

[13]. C. Carrillo Sierra, "La Mezquita de Ibn Adabbás: Los textos y la arqueología," in *La catedral en la ciudad (II). De Isidoro a Abd ar-Rahman, Aula Hernán Ruiz*, ed. Alfonso Jiménez (Sevilla: Aula Hernán Ruiz, 2006): 161-179.

[14]. Leopoldo Torres Balbás, "Cáceres y su cerca almohade. Crónica Arqueológica de la España Musulmana, XXIII," *AI-Andalus* XIII (1948): 471.

[15]. Antonio Almagro, "Puerta de la Qasba de Túnez," in *ATARAL, Atlas de Arquitectura Almohade*, Dir. Almagro, Antonio (Real Academia de Bellas Artes de San Fernando): https://www.ataral.es/inventario.php?id=puerta-casba-tunez

Desgraciadamente, en una reciente restauración, llevada a cabo después de 2003, se eliminaron dichos restos construyéndose una nueva bóveda con los ladrillos dispuestos en rosca radial, perdiéndose todo rastro de la obra primitiva. Estas dos bóvedas cubrían tanto el espacio inferior de paso como una sala alta dentro del bastión de la puerta.[16] Este ejemplo se puede fechar entre finales del siglo XII y comienzos del XIII.[17]



Fig. 2: Bóveda de ladrillo por hojas del alminar de San Juan de los Caballeros de Córdoba, © A. Almagro.

16. Almagro, "Puerta de la Qasba de Túnez."
17. Abdelaziz Daoulatli, *Tunis sous les Hafsides, Evolution urbaine et activité architecturale* (Tunis: Institut national d'archéologie et d'art, 1976), 64.



Fig. 3: Bóveda de ladrillo por hojas de la puerta occidental de la *qaṣba* almohade de Túnez, © A. Almagro.

Contemporánea de esta es una bóveda que cubre una sala interior dispuesta en altura dentro de la Bāb al-Ḥad del recinto de murallas de construcción almohade en Rabat.[18] El conjunto de puertas del recinto almohade de Rabat se levantó entre 1197 y 1199. La bóveda de este espacio es de ladrillo con forma de cañón de medio punto, reforzada con arcos fajones

[18]. Antonio Almagro, "Baba al-Had," in *ATARAL, Atlas de Arquitectura Almohade*, Dir. Almagro, Antonio (Real Academia de Bellas Artes de San Fernando): https://www.ataral.es/inventario.php?id=bab-al-had.

de cantería (fig. 4). Hasta cerca de la mitad de su desarrollo la bóveda se apareja en hiladas horizontales y a partir de ese punto se construyó por hojas inclinadas que se acuestan sobre los muros testeros y en los arcos fajones guardando simetría respecto de estos. Las hojas, a la vez que se disponen inclinadas se desarrollan en líneas curvas recordando la disposición que se suele adoptar en la construcción de cúpulas o bóvedas vaídas. Esta bóveda es la única que se conoce, por ahora de hojas inclinadas en el área de al-Maghrib, aunque quizás sea la más antigua de las conocidas en el occidente islámico. Bóvedas semejantes se han utilizado en construcciones ligeramente más tardías, de mediados del siglo XIII en adelante, en castillos de la zona de La Mancha que fue frontera entre Castilla y el Imperio Almohade.[19] Estas bóvedas tuvieron un fuerte arraigo en épocas posteriores y especialmente en Extremadura y el Alentejo han pasado a ser parte de la arquitectura vernácula de la región llegando su uso prácticamente hasta nuestros días.[20]

Las bóvedas por hojas verticales aparecen de nuevo en la segunda mitad del siglo XIII en la Granada nazarí. Vestigios de una bóveda de este tipo se han podido identificar en el Cuarto Real de Santo Domingo. Cubría una sala inferior interna de la torre que precedió a la *qubba* palatina construida hacia 1283.[21] La bóveda fue más tarde demolida y el espacio que cubría macizado y amortizado. De ella solo se han conservado las improntas de la primera hoja adosada a uno de los muros testeros de la sala, pero se puede deducir que era similar a otras de fechas algo más inciertas, seguramente algo posteriores. Otras bóvedas semejantes se conservan parcialmente en la torre de Romilla, en Chauchina (Granada), un elemento defensivo construido en medio de la vega del río Genil a unos 18 km de la capital del reino nazarí.[22]

---

[19]. Jesús Manuel Molero Garcia, Ignacio Javier Gil Crespo y David Gallego Valle, "Bóvedas de ladrillo sin cimbra en las fortalezas de las órdenes militares en el Campo de Montiel y el Campo de Calatrava (Ciudad Real)," in *Construyendo bóvedas tabicadas II, Building Tile Vaults II*, ed. Fernando Vegas, Rafael Marín, L. García-Soriano y Camila, Mileto (Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 2022): 16-35.

[20]. Rabasa Diaz, "Bóvedas sin cimbra," 10-13. A pesar de la posible datación almohade de esta bóveda, tampoco puede descartarse que la puerta hubiera quedado inacabada en el siglo XII y fueran los moriscos que se asentaron en Rabat en el siglo XVII quienes la concluyeran. No puede olvidarse que una parte significativa de esta nueva población provenía de la localidad de Hornachos, en la provincia de Badajoz, de Extremadura. La reciente restauración realizada en la puerta hace muy difícil, como en tantos casos, identificar fases constructivas. Sobre el aporte de conocimientos constructivos por los moriscos andalusíes en el Norte de África, véase Almagro, "Bóvedas tabicadas en al-Andalus y el Magreb," *Construyendo Bóvedas Tabicadas II, Building Tile Vaults II*, ed. Fernando Vegas López-Manzanares, Rafael Marín Sánchez, Lidia García-Soriano y Camila Mileto, Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia 2022, 62-64.

[21]. Antonio Almagro y Antonio Orihuela, "Bóvedas nazaríes construidas sin cimbra: un ejemplo en el Cuarto Real de Santo Domingo (Granada)," in *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Madrid 9-12 octubre 2013*, vol. I. ed. S. Huerta, F. López Ulloa (Madrid: Instituto Juan de Herrera, ETS Arquitectura de Madrid, 2013), 27-32.

[22]. Antonio Almagro, "La torre de Romilla. Una torre nazarí en la vega de granada," *Al-Qantara* XII-1 (1991): 244-247.

Posee dos bóvedas superpuestas de este tipo. La inferior cubría el aljibe y la situada inmediatamente encima la planta baja de la torre que se situaba casi 2 m por encima del nivel del terreno exterior (fig. 5). Existían otras bóvedas menores, hechas del mismo modo, cubriendo los distintos tramos de la escalera. La luz de las bóvedas mayores es de 4,00 m y las de la escalera de 0,90 m. También en este caso parte de las bóvedas está compuesta por hiladas horizontales en los arranques y después la bóveda se forma mediante hojas verticales cuya construcción se hizo partiendo de uno de los testeros cuyo muro se levantó parcialmente con fábrica de ladrillo para facilitar la sustentación de las primeras hojas por adherencia al paramento del mismo. El hecho de que la bóveda de la planta de acceso de la torre se encuentre parcialmente hundida facilita su análisis y la comprensión de su proceso constructivo. En otra construcción defensiva, la Torre de Agicampe, cerca de Loja (Granada), construida como defensa de una alquería, encontramos una disposición de ladrillos muy semejante, sin duda con la finalidad de evitar el uso de cimbras.



Fig. 4: Bóveda de ladrillo por hojas inclinadas de la Bāb al-Ḥad de Rabat, © A. Almagro

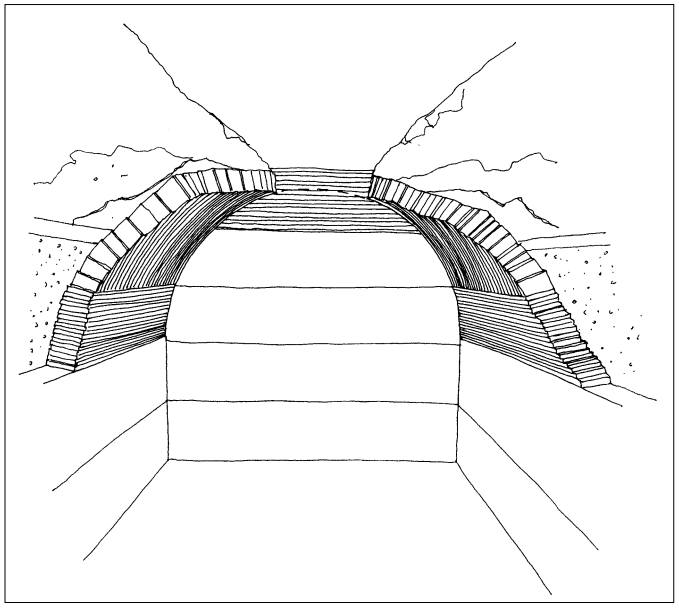


Fig. 5: Bóveda de ladrillo por hojas de la torre de Romilla, Granada, © A. Almagro.

Otros elementos similares los podemos encontrar en la Alhambra, en construcciones del primer periodo nazarí y cuya construcción se extiende entre el último cuarto del siglo XIII y los primeros años del XIV. En la puerta primitiva de acceso a la Alcazaba por el lado oeste hay dos pequeñas bóvedas de este tipo, situadas en el espacio donde se guarnecían sus dos hojas de madera una vez abiertas (fig. 6) y sobre el banco para la guardia del lado este. En el extremo sur del espacio extramuros previo al acceso a la misma, junto a la esquina noroeste de la Torre de la Pólvora, se conserva otra pequeña bóveda de este tipo.



Fig. 6: Bóveda de ladrillo por hojas de la puerta de la alcazaba de la Alhambra, © A. Almagro.

En la Torre de la Vela hay varias bóvedas así aparejadas cubriendo los estrechos corredores que bordean el espacio central de las salas internas de esta torre en los niveles 2 y 3.[23] Las bóvedas tienen perfil de medio punto y una luz de 1,20 m. Los ladrillos que las formaban estaban fraguados con yeso blanco muy duro.[24]

En la Torre del Homenaje de la Alcazaba hay varios tipos de bóvedas construidas sin cimbra: de arista en el nivel 2 (fig. 7), esquifada sobre trompas en el 5 y de medio cañón en el 6.[25] También en la cercana Torre Quebrada hay bóvedas similares en los dos niveles levantados a partir del adarve de la muralla que a ella acomete.

También encontramos bóvedas por hojas en el adarve cubierto de la muralla norte, en la zona bajo el oratorio del Mexuar y el Cuarto Dorado, así como bajo algunas partes de la galería junto al Patio de la Reja.



Fig. 7: Bóveda de ladrillo por hojas de torre del homenaje de la alcazaba de la Alhambra, © A. Almagro.

También encontramos bóvedas por hojas en el adarve cubierto de la muralla norte, en la zona bajo el oratorio del Mexuar y el Cuarto Dorado, así como bajo algunas partes de la galería junto al Patio de la Reja.

[23]. Antonio Fernández Puertas, *The Alhambra, I. From the ninth Century to Yusuf I (1354)* (Londres: Saqi Books, 1997), 196-200.
[24]. Manuel Gómez-Moreno Martínez, "Granada en el siglo XIII," *Cuadernos De La Alhambra* 2-2 (1966), 12.
[25]. Fernández-Puertas, *The Alhambra*, 201-204.

Un conjunto especialmente singular es el que se encuentra en los sótanos del sector norte del Palacio de Comares. Tanto en los restos de la torre que, al igual que en el Cuarto Real, quedó englobada en la nueva torre de Comares, como en las zonas aledañas se utilizaron bóvedas de ladrillos dispuestos por hojas. Especialmente llamativa es la que cubre la llamada sala de las Ninfas (fig. 8), espacio ubicado bajo la Sala de la Barca del palacio de Comares, obra que podría atribuirse a Yūsuf I (r. 1333-1354) aunque también podría formar parte de las construcciones acometidas en esa zona anteriormente por Ismāʿil I (r. 1314-1325). Esta larga sala posee una bóveda de medio punto que arranca prácticamente del nivel del suelo y que está construida con ladrillos dispuestos por hojas colocadas "a bofetón" sobre las anteriores. Tiene unas dimensiones de 4,18 m de luz por 14,50 de largo. Otra bóveda colindante a esta situada al oeste tiene una bóveda del mismo tipo, pero con su directriz en dirección perpendicular a la anterior. También están construida de forma semejante las bóvedas que formaban parte de la base de la primitiva Torre de Comares,[26] así como las que cubren la letrina de la guardia inmediata al patio del Cuarto Dorado, con entrada en recodo.



Fig. 8: Bóveda de ladrillo por hojas de la sala de las Ninfas de la Alhambra, © A. Almagro.

En el sótano del pabellón norte del Generalife se construyeron con esta técnica las dos primeras bóvedas del extremo oeste de las seis existentes,

[26]. Fernández-Puertas, *The Alhambra*, fig. 156.

una de las cuales cubre la escalera de bajada al llamado jardín de la "fuente redonda."

También en el estrecho corredor que rodea por el oeste el aljibe existente en el lado sur del patio de los Leones, hay una bóveda de cuarto de cañón realizada del mismo modo. Aunque el aljibe es anterior, la bóveda que enlaza con fábricas de época de Muḥammad V (r. 1354-1359, 1362-1391) hay que atribuirla a este periodo.

Fuera del recinto de la Alhambra, aparte de la del Cuarto Real de Santo Domingo, existe otro caso en el aljibe de Santa Isabel de los Abades, ubicado en la calle San Luis del antiguo Arrabal del Albaicín de la ciudad de Granada. Su nave, de 1,93 m de anchura, se cubre con bóveda de perfil aquillado, forma bastante poco frecuente en la arquitectura nazarí, pero muy común en el oriente musulmán, desde Egipto a la India.[27]

Quizás la novedad más interesante en este capítulo resida en la existencia de casos hasta ahora no señalados en al-Maghrib como el de la bóveda de la Bāb al-Ḥad que viene a demostrar la presencia de este tipo de soluciones constructivas en esta región occidental y constituye un nexo de unión con la bóveda de la *qaṣba* de Túnez. La gran pregunta es si estas bóvedas derivan de una influencia oriental directa o si su génesis proviene de al-Ándalus y se relaciona con los escasos ejemplos que tenemos del siglo IX. En todo caso, lo que sí parece quedar demostrado es que estas bóvedas, sin ser muy habituales, tuvieron presencia, podríamos decir que casi continua, desde época muy temprana hasta avanzado el siglo XIII. A partir de esa fecha, las de hojas inclinadas las seguimos encontrando en territorios cristianos de la Península Ibérica donde perduran hasta la actualidad. Estas circunstancias permitirían suponer que esta técnica haya llegado desde el Oriente Próximo hasta el occidente por los territorios del Islam ya en época temprana, aunque sin duda esta conclusión está lejos de ser segura. Cabe la esperanza de que otros ejemplos, quizás hoy ocultos por enlucidos, vengan en el futuro a aportar nuevos datos que apuntalen o cuestionen la hipótesis planteada.

Bóvedas de ladrillo tabicadas

Las bóvedas formadas por ladrillos unidos inicialmente sólo por sus testas o lados más estrechos y que se conforman como láminas o elementos de escaso espesor han tenido un uso muy extendido en la Península Ibérica, sobre todo a partir de la Edad Moderna en que se generalizó su aplicación en la construcción de iglesias y otros grandes espacios, aunque también en el soporte de escaleras o de pequeñas bóvedas que cubren el espacio entre vigas

[27]. Antonio Orihuela, y Carlos Vílchez, *Aljibes públicos de la Granada islámica* (Granada: Ayuntamiento, 1991), 144.

de forjados horizontales. Su amplio uso en Cataluña en el siglo XIX y comienzos del XX, así como su presencia en algunas construcciones del periodo gótico de esta región llevó a extender el apelativo de "bóveda catalana" para denominarlas y a considerarlas una invención local. Investigaciones más recientes han demostrado que su uso se impuso con anterioridad en la región de Valencia[28] y actualmente existen sobrados ejemplos que demuestran su utilización en el occidente islámico al menos desde el periodo almohade. Por otro lado, en Oriente Medio, especialmente en Persia, su empleo está bien documentado desde el siglo XI y algunas construcciones sasánidas apuntan a que pudieron existir formas incipientes de esta manera de construir ya desde el siglo VII. En un dibujo publicado por Reuther en el capítulo dedicado a la arquitectura sasánida dentro de la magna obra de Pope sobre el arte persa,[29] se representa una ventana del palacio de Chosroes en Ctesifonte en la que el cierre superior del hueco por su frente se realiza con ladrillos dispuestos a la manera de las bóvedas tabicadas que se disponen en tres hojas o capas sucesivas (fig. 9). Este frente sirvió de apoyo para la construcción de una bóveda de hojas verticales, sistema casi exclusivo en la arquitectura de este periodo.

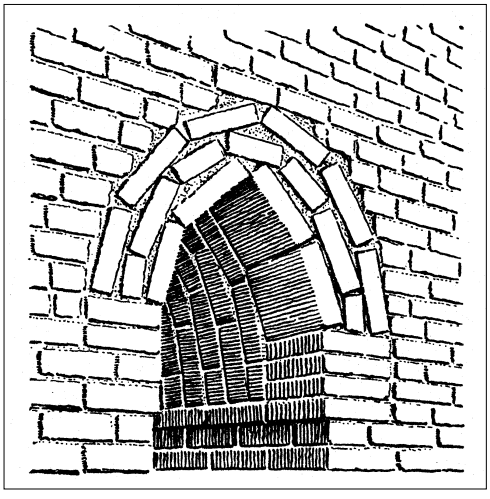


Fig. 9: Arco de ladrillos tabicados del Taq-i-Kisra. Ctesifonte, Irak, © Reuther, "Sasanian Architecture."

Bóvedas tabicadas claramente construidas a la manera habitual están ya presentes en la mezquita de Isfahán (fig. 10), obra del siglo XI[30] y han

[28]. Gómez Ferrer, "Las bóvedas tabicadas," 62.
[29]. Reuther, "Sasanian Architecture," 513.
[30]. Eugenio Galdieri, *Isfahān: Masǧid-i Ǧum'a, 1: documentazione fotografica e rapporto preliminare: photographs and preliminary Report* (Roma: IsMEO, 1972), photos 168 y 170; Antonio Almagro, "On the origin of certain vaults without formwork: Iranian timbrel vaults," in *History of Construction Cultures*, ed. Mascarenhas-Mateus & Paula Pires (Lisboa: Taylor & Francis Group 2021), 135-136.

continuado usándose en Irán hasta época reciente (fig. 11). En occidente, la cúpula gallonada que ocupa el espacio central de la bóveda nervada de la *qubba* almorávide de la *mayḍāʾa* de la mezquita de Ibn Yūsuf de Marrakech, de acuerdo con los dibujos de Jacques Meunié,[31] parece estar conformada por ladrillos puestos de plano formando los distintos gajos entre unos sencillos arcos que definen las aristas hechas con ladrillos enfilados y dispuestos de canto. Esta obra de inicios del siglo XII podría tener un precedente en los cupulines de igual forma, aunque de menor tamaño, que rematan las bóvedas de arcos entrecruzados de los dos espacios laterales de la *maqṣūra* de la ampliación de al-Ḥakam II (r. 961-976) en la mezquita de Córdoba, obra de la segunda mitad del siglo X. El uso comprobado de yeso en la construcción de estas estructuras[32] podría estar mostrando una influencia muy temprana de modos de construir propios de áreas muy distantes, aunque pertenecientes a los territorios por los que se expandió la civilización musulmana. Los arcos formados por ladrillos enfilados, de muy escaso grosor, apenas uno o dos ladrillos, resultan característicos en el mundo persa desde época sasánida hasta la actualidad. Su presencia en occidente, no de forma abrumadora, pero si en casos significativos, muestran sin duda una circulación de ideas y conocimientos que se ha perpetuados durante largos periodos y que ha generado desarrollos propios en cada lugar, pero claramente nacidos de una raíz común.



Fig. 10: Bóveda tabicada con nervios embebidos de la mezquita aljama de Isfahán, © A. Almagro.

[31]. Djinn Jacques Meunié y Henri Terrasse, *Nouvelles recherches à Marrakech* (Paris: Arts et métiers graphiques, 1957), figs. 56 y 57; reinterpretadas en Vitti: Paolo Vitti, "Tile voulting and its oriental pedigree," in *Construyendo bóvedas tabicadas* II, *Building Tile Vaults II,* ed. Fernando Vegas, Rafael Marín, L. García-Soriano y Camila Mileto (Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 2022), fig. 12, que como otros autores apunta a la influencia oriental de estas construcciones.

[32]. Gabriel Ruiz Cabrero, *Arquitectura de la Mezquita-Catedral de Córdoba; Las cúpulas de la Macsura: Los últimos descubrimientos arqueológicos y constructivos que arrojan luz sobre las cúpulas de al-Hakam* (Córdoba: Almuzara, 2023), 79.

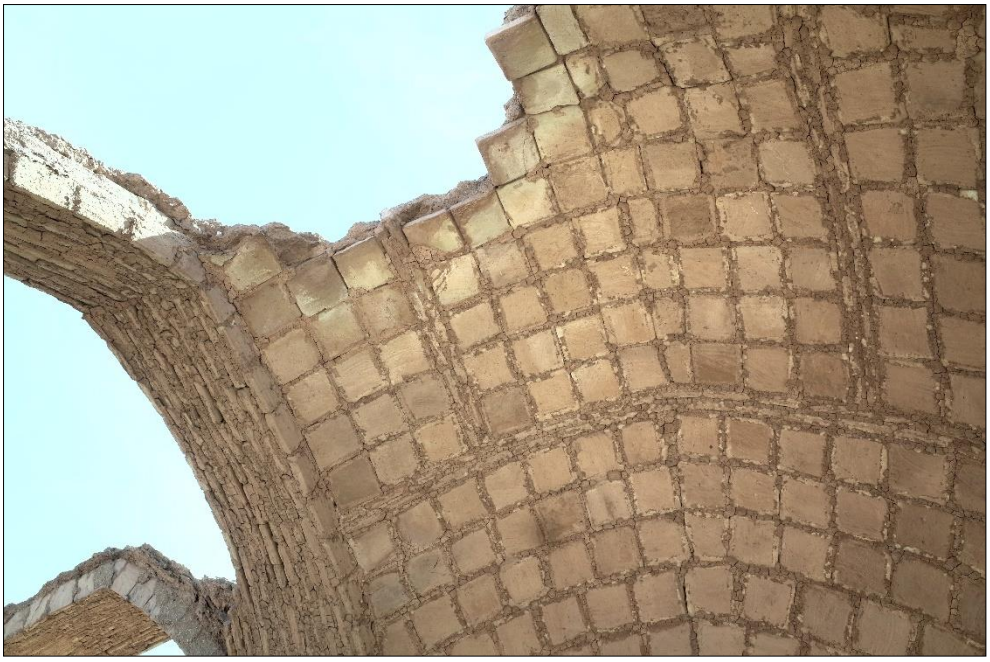


Fig. 11: Bóveda tabicada con nervios embebidos de las Torres del Silencio en Yazd, Iran, © A. Almagro.

A partir del siglo XII, las bóvedas tabicadas parecen iniciar un desarrollo propio en al-Maghrib con una forma de uso singular pues en los casos hasta ahora detectados forman una primera hoja que sirvió de soporte para aparejar una bóveda de ladrillos dispuestos radialmente en la forma más común de construcción; es decir, todo parece indicar que estas bóvedas tabicadas se construyeron como cimbras perdidas, no recuperables, de bóvedas de construcción tradicional. Tanto las bóvedas que cubren la serie de alveolos externos o arquerías ciegas de la mezquita de la *Qaṣba* de Marrakech (fig. 12), de construcción inicial almohade,[33] como las de las distintas dependencias de la torre albarrana o Burj adh-Dhahab (fig. 13) de la antemuralla de Fās al-Jadīd muestran esta disposición.[34] En este caso, la existencia de una serie de mechinales en la parte superior de los muros junto al arranque de la bóveda, parece indicar que se utilizó algún sistema auxiliar ligero, como una sencilla cercha hecha con tablas, para facilitar la

[33]. Iñigo Almela, "La mezquita de al-Manṣūr en la Qaṣba de Marrakech. Aproximación a su configuración almohade," *Arqueología de la Arquitectura* 17 (2020), 19; Antonio Almagro, "Bóvedas tabicadas en Al-Ándalus y el Magreb," in *Construyendo bóvedas tabicadas* II, *Building Tile Vaults II,* ed. Fernando Vegas, Rafael Marín, L. García-Soriano y Camila Mileto (Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 2022), 56-59.

[34]. Iñigo Almela, *Al-Madīna al-Baiḍā' (La ciudad Blanca). Historia, arquitectura y urbanismo de la capital meriní* (Granada: Editorial Universidad de Granada, 2024), 156-173.

construcción sirviendo de apoyo provisional a los ladrillos, pero sobre todo, controlando que la bóveda mantuviera la forma adecuada.



Fig. 12: Bóveda tabicada de la arquería externa de la mezquita de la *Qaṣba* de Marrakech, © A. Almagro.

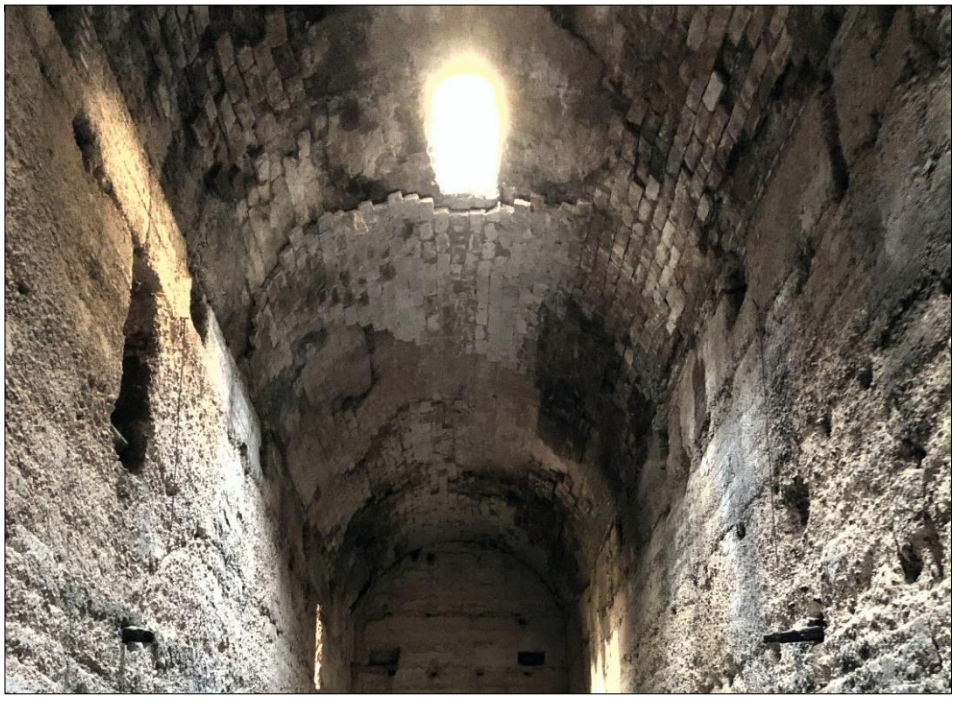


Fig. 13: Bóveda tabicada de la torre albarrana del Burj adh-Dhahab en Fās al-Jadīd, © Almela, *Al-Madīna al-Bayḍāʾ*.

En estos casos se puede deducir, por tanto, que se hizo primero una bóveda tabicada de una sola hoja sobre la que se construyó la propiamente resistente, roscada con ladrillos en abanico (fig. 14). Es decir, que la bóveda tabicada funcionó como una cimbra o encofrado perdido de la bóveda real, evitando con ello la construcción de una cimbra de madera mucho más compleja y costosa. Teniendo en cuenta que la bóveda tabicada se podía construir sin usar una cimbra, o a lo sumo usando una cercha ligera y móvil, como la que dibuja Luis Moya en su libro sobre bóvedas tabicadas,[35] se puede pensar que el proceso constructivo sería similar, salvo que, tras ir construyendo la primera hoja de la bóveda como tabicada, en lugar de doblarla con otras hojas similares, se fue erigiendo la bóveda de ladrillo aparejada como suele ser habitual. De este modo, la bóveda se iría construyendo progresivamente con un sencillo andamio que se desplazaba y una cercha también móvil.



Fig. 14: Detalle de una de las bóvedas del pórtico norte de la mezquita de la *Qaṣba* de Marrakech con los restos de la hoja tabicada de soporte de la bóveda roscada radialmente, © A. Almagro.

Todo indica que inicialmente no se tuvo mucha confianza en la capacidad resistente de estas estructuras y se las usó sólo como medios auxiliares para la construcción de bóvedas aparejadas al modo habitual,

[35]. Moya Blanco, *Bóvedas tabicadas*, 20. *Vid supra*: fig 1.

quedando visibles por la parte inferior, pero ocultando los verdaderos elementos resistentes.

Esta consideración parece que perduró de algún modo pues en las bóvedas de este tipo ya de grandes dimensiones que se usan sobre todo en las iglesias barrocas de la Península Ibérica,[36] no se suelen apoyar en ellas las cubiertas, sino que estas se sustentan en estructuras de madera que dejan un espacio sobre las bóvedas, de modo que estas solo sirven para configurar el espacio inferior reduciendo su función estructural a sostenerse a sí mismas. Sólo en casos de bóvedas de pequeña luz o en la sustentación de escaleras, las bóvedas tabicadas asumían en esa época el soporte de sobrecargas. A partir del siglo XVIII sí se les encomendará funciones verdaderamente estructurales siendo un magnífico ejemplo de ello algunas de las obras del arquitecto Juan José Nadal[37] y sobre todo las del arquitecto valenciano Rafael Guastavino que llevó esta técnica a los Estados Unidos a finales del siglo XIX.[38]

Otro caso evidente de bóveda tabicada se encuentra en los espacios inmediatos a la puerta exterior de la Bāb al-Maḥrūq de Fez[39] que puede también considerarse obra almohade (fig. 15). En este caso encontramos una bóveda rebajada de directriz coincidente con la dirección de acceso, que cubre el área en la que se produce el giro de las hojas de cierre del arco exterior, y otra bóveda más compleja situada a continuación de la anterior, formada por medio cilindro dispuesto en dirección perpendicular al inmediato, que se interseca con otro ortogonal formando una bóveda de aristas en el centro; en los dos extremos otras superficies cilíndricas rematan la bóveda generando nuevas aristas diagonales. En ninguno de estos casos se puede saber si la hoja de la bóveda visible está trasdosada por otras hojas similares o si por el contrario sirvió para cimbrar unas bóvedas roscadas de la forma habitual, como en los casos antes descritos.

Que la técnica de bóvedas tabicadas estuvo presente también en al-Ándalus nos lo demuestra no solo su amplio uso posterior en los territorios

---

[36]. Antonio Almagro, "Bóvedas tabicadas en la Cartuja de Granada: el final de un proceso evolutivo," in *Construyendo bóvedas tabicadas, Actas del Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas, Valencia 26, 27 y 28 de mayo de 2011*, ed. Arturo Zaragozá, Rafael Soler y Rafael Marín (Valencia: Universitat Politècnica de València, 2012), 50-54. Su modo de construcción está recogido en el tratado de Fray Andrés de San Miguel, *Arte y uso de Arquitectura,* edición original (Madrid: Placido Barco López, 1796), 137.

[37]. Fernando Vegas y Camila Mileto, "Guastavino y el eslabón perdido," in *Construyendo bóvedas tabicadas, Actas del Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas, Valencia 26, 27 y 28 de Mayo de 2011*, ed. Arturo Zaragozá, Rafael Soler y Rafael Marín, (Valencia: Universitat Politècnica de València, 2012), 143-146.

[38]. John Ochsendorf, *Guastavino Vaulting: The art of structural tile* (New York: Princeton Architectural Press, 2010).

[39]. Iñigo Almela, "Bāb al-Maḥrūq," in *ATARAL, Atlas de Arquitectura Almohade*, Dir. Antonio Almagro, (Real Academia de Bellas Artes de San Fernando): https://www.ataral.es/inventario.php?id=bab-mahruq.

cristianos a partir del siglo XIV, sino su presencia, por ahora casi testimonial, en dos casos bastante significativos. Uno de ellos es el de una escalera aparecida en las excavaciones de Siyāsa, población precedente de la actual Cieza (Murcia). En la denominada casa nº10, una construcción con decoración típicamente almohade que puede fecharse a comienzos del siglo XIII, se conserva el arranque de una escalera que se sustentaba sobre una bóveda rampante de la que solo quedan algunos ladrillos que muestran claramente su colocación presentando las caras mayores de las distintas piezas tal y como aparecen en las bóvedas tabicadas (fig. 16). También en este caso se trata de una única hoja que al parecer sirvió de sustento a un relleno de masa de yeso que conforma propiamente el cuerpo de la bóveda. Se trataría, por tanto y una vez más, de una bóveda ligera usada como cimbra o encofrado de la masa estructural propiamente dicha.



Fig. 15: Bóveda tabicada de la Bāb al-Maḥrūq de Fez, © Almela, "Bāb al-Maḥrūq."



Fig. 16: Bóveda tabicada de la escalera de la casa nº10 de Siyāsa, Cieza, Murcia, © A. Almagro.

Otro caso de bóveda de este tipo lo encontramos cubriendo una letrina del *hammām* del palacio de Comares de la Alhambra, junto a la llamada Sala de las Camas. (fig. 17). Aunque se trata de un espacio muy reducido, de apenas 2 m^2, su techo, constituido por una bóveda muy plana, está formado por ladrillos puestos de plano, lo que indicaría que en la primera mitad del siglo XIV la técnica de aparejar bóvedas tabicadas se utilizaba en el último territorio islámico de al-Ándalus lo mismo que en al-Maghrib.

Poco tiempo después, este modo de construir tuvo ya una continuidad creciente en la zona oriental de la Península, especialmente para realizar los plementos o zonas entre nervios de las bóvedas de crucería ojivales de la arquitectura gótica del levante español,[40] prosiguiendo un amplio desarrollo cuyo análisis se sale de los objetivos de nuestro estudio.



Fig. 17: Bóveda tabicada en una letrina del *ḥammām* del baño de Comares de la Alhambra, © A. Almagro.

Bóvedas nervadas de arcos entrecruzados

Una atención especial dentro del conjunto de sistemas constructivos de bóvedas con características singulares que nos ofrece la arquitectura islámica occidental, merece el relativo a las bóvedas cuya superficie se

[40]. Arturo Zaragozá Catalán, "Hacia una historia de las bóvedas tabicadas," in *Construyendo bóvedas tabicadas, Actas del Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas, Valencia 26, 27 y 28 de Mayo de 2011*, ed. Arturo Zaragozá, Rafael Soler y Rafael Marín (Valencia: Universitat Politècnica de València, 2012), 11-45.

refuerza, o más bien se subdivide, mediante elementos estructurales principales formados por arcos que dejan espacios secundarios cuyo cierre tiene un carácter subordinado, tanto en lo relativo a su comportamiento estructural como en el propio proceso de construcción. Aparte de las indudables ventajas estructurales que presentan estas construcciones y que se han estudiado de un modo especial en las bóvedas góticas, el permitir una construcción escalonada en la que cada elemento individual puede generarse con independencia de los demás, facilita en gran manera todo el proceso constructivo y, sobre todo, simplifica el uso de medios auxiliares y cimbras. Entre las bóvedas nervadas, resultan especialmente llamativas aquellas en que las nervaduras adoptan disposiciones geométricas singulares al hacer que los nervios no pasen por el centro de la bóveda, sino que se entrecrucen en multitud de puntos dando lugar a formas normalmente estrelladas de gran efecto estético. Estas bóvedas están presentes en muchas zonas del mundo islámico lo que plantea, como veremos, distintas hipótesis en cuanto a su origen y difusión. Aunque en su inmensa mayoría están construidas con ladrillos, llama la atención que las más antiguas conocidas lo fueran con piedra. Este tipo de bóvedas, que cubren, sobre todo, espacios de planta cuadrada, se pueden calificar como propias de la arquitectura islámica, si bien se les considera que pueden ser las inspiradoras de las bóvedas ojivales góticas propias del medievo europeo.[41]

Como en las otras formas de construcción de bóvedas antes analizadas, su origen hay que considerarlo ligado a la búsqueda de procedimientos que evitan o reducen el empleo de medios auxiliares, que en este caso siguen siendo necesarios, pero pueden reducirse notablemente y sobre todo se pueden reemplear. Aparte de poder considerarse origen de las bóvedas nervadas góticas, sus disposiciones geométricas fueron adoptadas en soluciones que pueden considerarse continuadoras de las islámicas, especialmente en estilos arquitectónicos que muestran también en otros aspectos esa influencia, como el llamado arte mudéjar. Las numerosas capillas, sobre todo de tipo funerario, de muchas iglesias andaluzas adscritas a la categoría de mudéjares, construidas especialmente durante los siglos XIV y XV, mantienen una clara continuidad con sus predecesoras islámicas, aunque en muchos casos el entrecruzado de arcos sea una mera apariencia decorativa sin efecto estructural. Pero en otros casos sí podemos ver una continuidad conceptual como en las soluciones adoptadas en la cubrición de los cimborrios de las catedrales aragonesas de la Seo de Zaragoza,[42] Santa

[41]. Leopoldo Torres Balbás, "Origen árabe de la palabra francesa "ogivc," Crónica Arqueológica de la España Musulmana. XIII," *Al-Andalus*, VIII (1943): 265-266.

[42]. Fuentes et *al.*, "Forma, construcción y estabilidad del cimborrio de la Seo de Zaragoza," in *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Santiago 26-29 octubre 2011*, eds. S. Huerta, I. Gil Crespo, S. García, M. Taín (Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2011): 431-439.

María de la Huerta de Tarazona[43] o Santa María de Mediavilla de Teruel,[44] obras del siglo XVI, que representan una persistencia de este sistema estructural que puede verse reflejado incluso en obras claramente renacentistas como el cimborrio de la iglesia de San Jerónimo de Granada.[45]

Las soluciones que se pueden adoptar en cuanto a la forma y distribución de los arcos son muchas y variadas. Basta con ver los esquemas de las que conocemos (fig. 18) para comprender que las variaciones posibles son innumerables. Al ordenarlas cronológicamente, como aparecen en la figura, se aprecia con claridad una evolución hacia una mayor complejidad que demuestra la asimilación de la experiencia adquirida de construcciones anteriores y la búsqueda de soluciones más sofisticadas y originales.

Estas bóvedas resultan construcciones de gran originalidad y virtuosismo, aunque como se mostrará más adelante, su proceso constructivo no resulta demasiado complejo. Su presencia en otras zonas del mundo musulmán demuestra que han existido relaciones e intercambios de conocimientos entre zonas muy distantes, aunque finalmente siempre existan particularidades que diferencian unas de otras. Quizás el rasgo más distintivo de las occidentales sea que los nervios siempre son prominentes mientras que en muchas bóvedas persas se embeben dentro de su espesor. Igualmente hay diferencias en los acabados externos que suelen ser enlucidos y no con los ladrillos vistos. Esta presencia de estructuras con rasgos comunes en zonas muy distantes obliga a reflexionar sobre las razones de ese fenómeno y el posible origen de estas estructuras.

---

43. Jesús Criado Mainar, "Juan Lucas Botero 'el Viejo' y el cimborrio de la catedral de Tarazona," *Tvriaso* XIV (1997-1998): 107-132.
44. Antonio Almagro, "Arquitectura Mudéjar de Teruel," in *Teruel Mudéjar, Patrimonio de la Humanidad*, obra colectiva con G. Borrás, A. Gargallo, A. Pérez, M. I. Álvaro y J. Yarza (Zaragoza: Ibercaja, 1991), 194-196.
45. https://academiacolecciones.com/buscador.php?q=jerónimo&cat=arquitectura#&gid=1&pid=AA-814_04

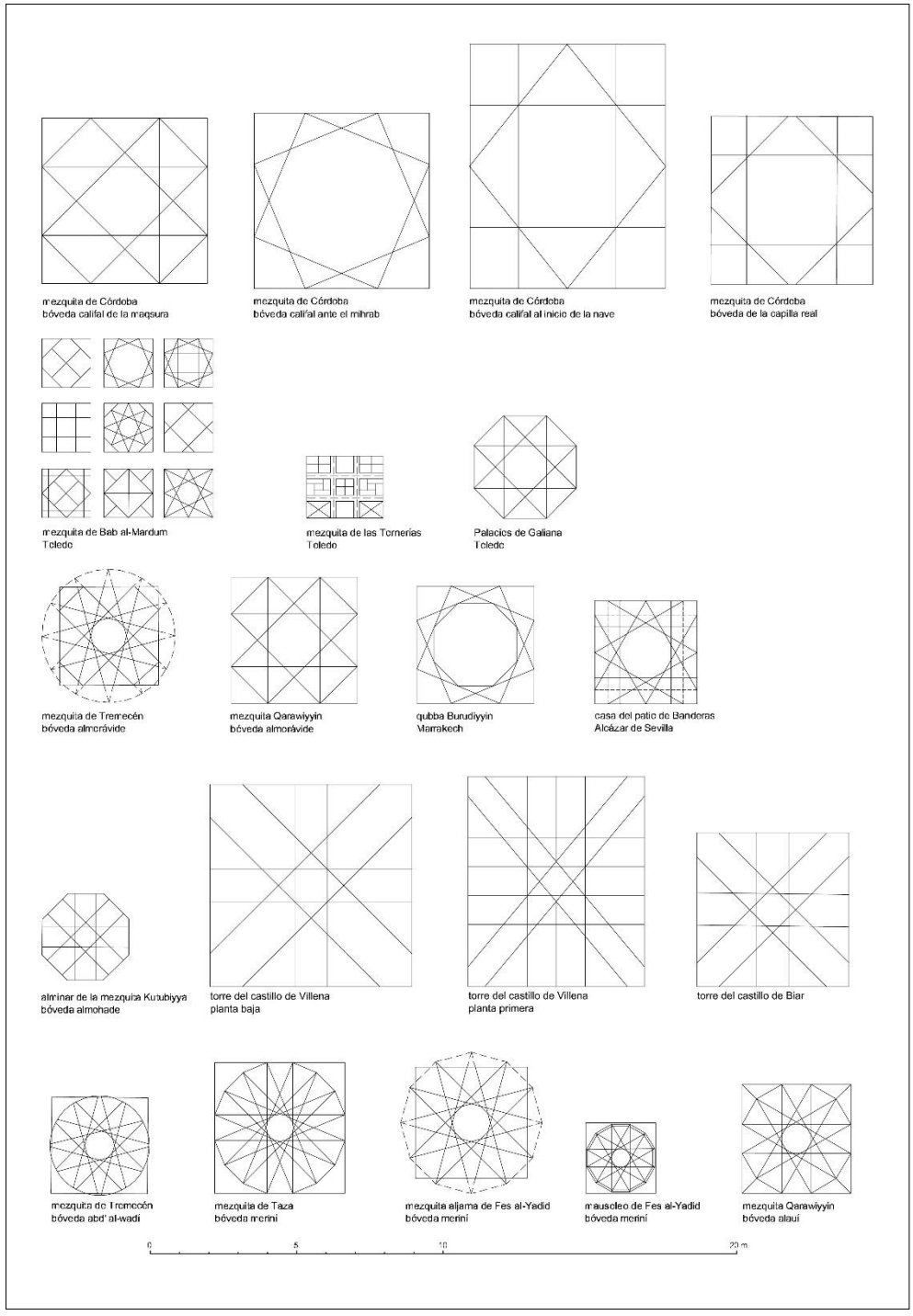


Fig. 18: Trazados de bóvedas de arcos entrecruzados de al-Ándalus y al-Maghrib, © A. Almagro.

Consideraciones sobre el origen de las bóvedas de arcos entrecruzados

Mucho se ha escrito sobre el posible origen de este tipo de construcción sin que hasta ahora se haya podido llegar a conclusiones definitivas y tampoco es probable que se vaya a resolver de inmediato. Solo se aportan aquí algunas ideas y datos que pueden ayudar a profundizar y esclarecer mínimamente el tema. Muchas teorías, como por ejemplo, las del origen armenio[46] se han ido desmontando paulatinamente cuando se han estudiado con mayor rigor histórico y arqueológico los edificios que se consideraban modelos.

Una cuestión fundamental es pensar si a estas soluciones se llegó desde la concepción de unas formas compositivas determinadas a priori y a las que se aplicó un procedimiento constructivo adecuado o si, por el contrario, el camino tuvo su origen en una forma determinada de construir que en un momento dado se enriqueció formalmente con un desarrollo compositivo más complejo.

La decantación por esta última opción lleva a buscar los orígenes en una determinada dirección, pues una de las características de estas bóvedas, como un caso singular de las bóvedas nervadas, es que simplifican y reducen los medios auxiliares necesarios para la construcción, con independencia de su especial comportamiento estructural en el que no se pretende incidir en este momento. En ocasiones las estructuras auxiliares efímeras que se precisan para construir una estructura, especialmente en el caso de los puentes, suponen un reto y unos costos que a veces superan los de la propia obra permanente. Sin llegar a estos extremos, hay que saber que la construcción de estructuras de cubrición requiere normalmente de estructuras auxiliares temporales que se han solido resolver con madera. Pero en los países en los que este material escasea, se han buscado y desarrollado formas de limitar e incluso evitar su uso. Y un camino para ello es subdividir y jerarquizar las estructuras de modo que su construcción se pueda escalonar y realizar progresivamente. Esto es lo que se consigue con las bóvedas nervadas al establecer distintos órdenes o categorías en las distintas partes en que se organiza la estructura, permitiendo un proceso de construcción paulatino en que en cada nivel se requiere de unos medios auxiliares más reducidos o en algunos casos se llega ya a prescindir de ellos. En una bóveda nervada se cimbran solo los nervios y no la totalidad de la bóveda. Los plementos se construyen en muchos casos sin cimbras o con sistemas de sostén temporal muy simples y que, al igual que en el caso de los nervios, se pueden ir

---

46. Leopoldo Torres Balbás, "Arte hispanomusulmán hasta la caída del califato de Córdoba (711-1031 d. J.C.)," in *Historia de España*, dir. Ramón Menéndez Pidal, tomo V (Madrid: Espasa Calpe, 1957), 518-528.

reutilizando. No es imprescindible cimbrar todos los nervios a la vez para construir la bóveda.

Resulta por tanto lógico pensar que el origen de este modo de construir haya partido de lugares en los que existen dificultades para disponer de esos medios auxiliares, especialmente porque escasea la madera. Y un área sin duda afectada por esta dificultad es la zona del Oriente Medio, especialmente Persia y Mesopotamia, en donde conocemos el desarrollo de formas y procedimientos constructivos que evitan o reducen esas necesidades. La arquitectura del periodo sasánida (siglos III-VII d. C.) nos brinda al respecto múltiples ejemplos.

Uno de ellos resulta particularmente de especial interés; es el pequeño templo del fuego de Neisar (fig. 19), localidad situada al sur de Teherán.[47] Esta construcción se atribuye al reinado de Ardashir (224-241) en el siglo III d. C. Es quizás, la primera bóveda nervada concebida claramente con los propósitos antes aludidos y con la particularidad de que los nervios fueron prefabricados en el suelo antes de ser colocados en su lugar definitivo. Estos nervios están formados por delgadas placas de yeso premoldeadas en el suelo usando sin duda un único molde. Su montaje debió hacerse con la sola ayuda de un puntal dispuesto en el centro y en el que se apoyarían temporalmente los nervios que inmediatamente quedarían unidos entre sí mediante pelladas de yeso. Dispuesta la estructura nervada, los plementos se rellenaron sin necesidad de cimbra, con mampostería de piedras menudos y yeso que se iban adhiriendo a las costillas que además servían para controlar la forma de la cúpula. En este caso, los nervios no tienen ninguna función estructural en la bóveda terminada, son solo un medio auxiliar que queda embebido en la masa de aquella. Además, su disposición es la más elemental posible, al colocarse de forma radial.

Este sistema ha tenido un amplio desarrollo en las construcciones posteriores de esta área geográfica, y de una forma particular ligada también a otras técnicas constructivas que evitan el uso de cimbras como son las bóvedas tabicadas. En el siglo XI tenemos ya ejemplos claros en la mezquita de Isfahán en donde las bóvedas tabicadas llevan nervios embebidos que se utilizaron sin duda como medios auxiliares para el apoyo y el control de la forma de los plementos tabicados.[48] En este caso, los nervios están formados por ladrillos enfilados, cuya construcción debió hacerse usando cimbras de yeso, como explica Godard, que aún llegó a verlas utilizadas en Irán, en la primera mitad del siglo XX (fig. 20).

47. Godard, “Voûtes iraniennes,” 189-190.
48. Almagro, “On the origin,” 135.

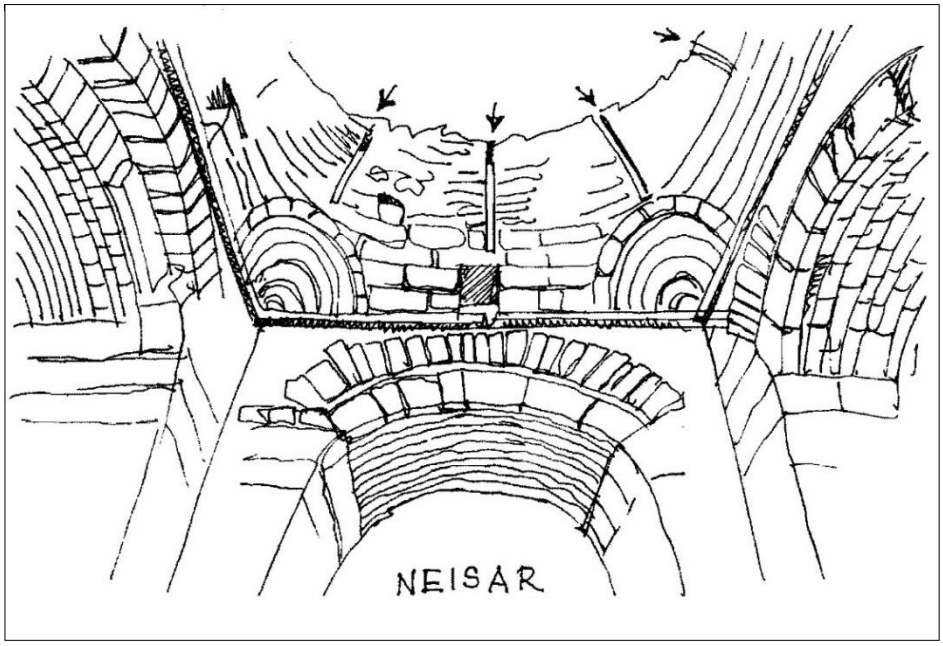


Fig. 19: Cúpula con nervios embebidos de Neisar, Irán, © Zander.

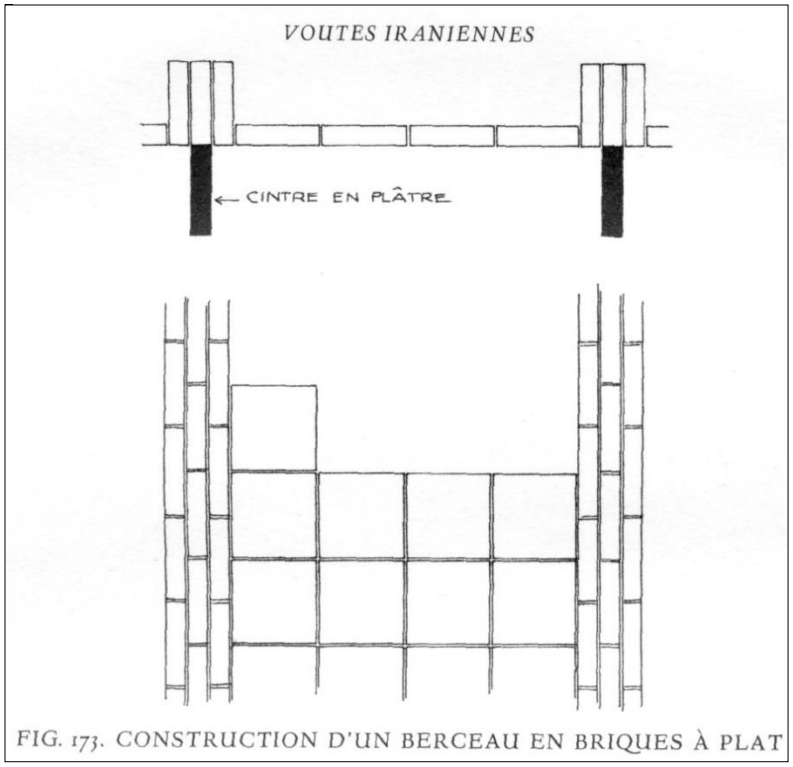


Fig. 20: Construcción de arcos por hojas con cimbra de yeso,
© Godard, "Voûtes iraniennes."

En este ambiente constructivo, se tiende a dejar los nervios embutidos en la bóveda, pero está claro que constituyen la primera etapa del proceso. Ya en el siglo XI, en la mezquita de Isfahán, las bóvedas con nervaduras entrecruzadas son abundantes (fig. 21 y 22). También había arcos entrecruzados en el palacio del Lashkari Bazar en Afganistán, según dio a conocer Slumberger,[49] también de la primera mitad del siglo XI. Está claro que, en esta área del oriente islámico, estas formas constructivas han tenido un claro origen, una razón de ser y una evolución que parece coherente.



Fig. 21: Bóveda de nervios entrecruzados de la mezquita de Isfahán © A. Almagro.

Pero ¿qué sucede en Occidente? No se puede obviar la existencia de algunos ejemplos de bóvedas nervadas en la arquitectura romana, pero hay que decir que no responden a condicionamientos tan críticos como los que hemos mencionados. Casos como el de la Villa dei Sette Bassi cerca de Roma mencionado por Eugenio Galdieri[50] o el del ágora de Esmirna (fig. 23) no son corrientes en la arquitectura romana y responden además a otra lógica constructiva muy distinta de la que se está analizando, porque se construyeron con sólidas cimbras y son de disposición radial. Pero las primeras bóvedas de arcos entrecruzados que conocemos son las de la ampliación de al-Ḥakam II de la mezquita de Córdoba, construcción de diseño muy elaborado y de ejecución esmerada que no parece ser una creación espontánea. Pero son las más antiguas que conocemos, tanto de oriente como de occidente y además están perfectamente datadas (962-966). Lo que sí está claro es que de estas

[49]. Daniel Slumberger, *Lashkari Bazar: Une résidence royale ghaznévide et ghoride. Part 1: L'architecture* (Paris: Diffusion de Boccard, 1978), pl. 37b

[50]. Eugenio Galdieri, "Contributi a la conoscenza delle estrutture a nervature incrociate," *Rivista di Studi Orientali* V-57 (1983): 69, figs. 4 y 5.

estructuras cordobesas surge una saga de obras posteriores que se prolongan hasta épocas muy tardías en el occidente musulmán. Pero en este caso existe una particularidad. Los nervios de las bóvedas de Córdoba son de piedra, mientras las bóvedas posteriores son todas de ladrillo y se asemejan mucho más a las orientales en los materiales y en los objetivos perseguidos. Es muy probable que parte de la solución de este enigma estuviera en Madīnat al-Zahrāʾ, la ciudad califal construida cerca de Córdoba y arruinada en fecha muy temprana y cercana a la de su construcción, pero cuya erección precedió en su mayor parte a la de la ampliación de la mezquita realizada por el segundo califa omeya de occidente. Lo que no cabe duda es que Madīnat al-Zahrāʾ fue un auténtico laboratorio experimental de soluciones arquitectónicas y de composiciones y formas decorativas, muchas de las cuales se expresan en las posteriores obras de la mezquita cordobesa. Quizás algún día, en futuras excavaciones, se produzca algún hallazgo que aporte luz a este respecto. Pero mientras tanto se debe reflexionar con los datos conocidos.



Fig. 22: Bóveda de nervios entrecruzados de la mezquita de Isfahán, © A. Almagro.



Fig. 23: Bóveda nervada de la subestructura del ágora de Esmirna (Dosseman-Own work, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=94799137

Y una cuestión importante es saber cómo y hasta qué punto, los conocimientos y las habilidades constructivas desarrolladas en un lugar o región se ha podido transmitir o expandir a otras zonas. Y en relación con lo que aquí tratamos conviene referir algunos hechos incuestionables. Las técnicas sasánidas de construcción sin cimbras o con cimbras ligeras de yeso se expandieron en los primeros tiempos del Islam, al menos hasta la región de Siria y Jordania, la Bilād al-Shām, durante el califato omeya. En el conjunto del alcázar omeya de Amman, se usaron costillas y otros elementos prefabricados de yeso para construir arcos sin necesidad de recurrir a cimbras de madera, elementos que quedaron embutidos en la fábrica de mampostería cogida con yeso (fig. 24).[51] Curiosamente, en este conjunto conviven soluciones constructivas locales, de cantería de piedra de tradición helenística y romana o de mamposterías con mortero de cal, con otras de origen foráneo como el uso del yeso como conglomerante y los sistemas que evitan el uso de cimbras de madera, lo que probaría un movimiento de operarios a lo largo del vasto imperio que gobernó la dinastía omeya en el siglo VIII, algo ya detectado en otros casos, especialmente en soluciones decorativas.[52]

---

[51]. Antonio Almagro Gorbea, Julio Navarro Palazón y Pedro Jiménez Castillo, *El palacio omeya de Amman III, Investigación arqueológica y restauración 1989-1993* (Granada: Escuela de Estudios Árabes, CSIC-Real Academia de Bellas Artes, 2000), 120-123.

[52]. Keppel Archibald Cameron Creswell, *Early Muslim Architecture, Vol I, Umayyads A. D. 622-750* (Oxford: Oxford University Press, 1969), 638.

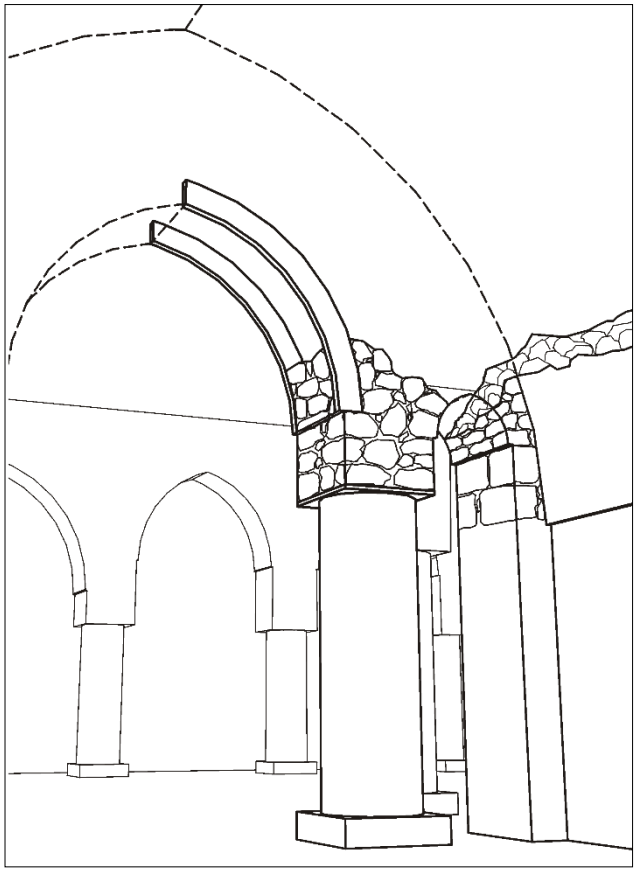


Fig. 24: Sistema de construcción de arcos con costillas de yeso prefabricadas del alcázar omeya de Amman, © A. Almagro.

Un fenómeno digno de atención es el que nos muestra el uso de las típicas trompas sasánidas[53] que permiten el paso de la planta cuadrada a la circular para el apoyo de la cúpula, en el edificio del vestíbulo del alcázar. Estas formas obedecen a un determinado modo de construir con materiales muy específicos, mampostería de piedra menuda tomada con yeso, que se moldea y conforma durante la propia construcción sin atenerse a unas formas geométricas bien precisas. En Amman estas formas se construyen con cantería de piedras bien labradas,[54] pero cuya estereotomía no puede predefinirse, por lo que se ejecuta con sillares cuyas hiladas van volando sucesivamente y que se relabraron in situ una vez ya colocados para adoptar la forma deseada que obedece a otros conceptos. Es un claro caso de simbiosis

[53]. Reuther, "Sasanian Architecture," 501-504.
[54]. Antonio Almagro Gorbea, *El palacio omeya de Amman I*, *La Arquitectura* (Madrid: Instituto Hispano-Árabe de Cultura, 1983), 71-72.

que acaba rompiendo las lógicas constructivas que tenían inicialmente cada uno de los elementos combinados.

No lejos de Amman, en Qaṣr al-Ḥarrāna encontramos también soluciones constructivas claramente sasánidas, con la parte inferior de los arcos construida con lajas de piedra horizontales enjarjadas y la parte central resuelta con lajas enfiladas y posiblemente costillas prefabricadas de yeso,[55] en una solución muy similar a la que parece se usó en los arcos torales de Neisar antes mencionados. También vemos un espacio cuya cubrición se subdivide mediante dos arcos que se cruzan en el medio (fig. 25). Todo ello formado por mampostería de piedra recibida con mortero de yeso.



Fig. 25: Bóveda con nervios cruzados en Qaṣr al-Ḥarrāna, Jordania, © A. Almagro.

Está claro que el imperio omeya pudo favorecer el movimiento de operarios entre las distintas regiones, y en todo caso, la fragmentación política que se produce ya en época abbasí tampoco debió suponer una limitación excesiva a este proceso pues el mundo islámico siguió manteniendo una unidad cultural apreciable no solo por mantener una misma lengua y practicar la misma religión, sino porque precisamente esta, a través de uno de sus preceptos, favoreció sin duda la transmisión de conocimientos e ideas. La peregrinación a la Meca, obligatoria dentro de las posibilidades de los

[55]. Stephen K. Urice, *Qasr Kharana in the Transjordan* (Durham N.C.: ASOR, 1987), 149.

individuos, para todo musulmán, fue sin duda un vehículo muy fructífero para este fin. Sabemos de los viajes de peregrinación de sabios y eruditos que aprovecharos sus desplazamientos para conocer a otras gentes, aprender y formarse en otros lugares y que dejaron sus relatos. Con sus viajes propiciaron la transmisión y difusión de ideas religiosas y filosóficas. Casi nada sabemos de los viajes de personas de otros estamentos sociales que sin duda también realizaron la preceptiva peregrinación, porque por su propia condición no han dejado relatos escritos. Pero muchos de ellos, para sufragarse el viaje se sabe que pasaron parte del largo tiempo que este duraba, trabajando en los lugares por los que pasaban para podérselo sufragar. Y en estas experiencias existió sin duda también un intercambio de conocimientos.

Un probable ejemplo es el de un conocido personaje oriundo de Málaga que trabajó al servicio de los califas almohades construyendo obras notables de arquitectura e ingeniería. Se trata de al-Ḥājj Yaʿīsh al-Mālqī, que realizó obras como la del acueducto de los Caños de Carmona de abastecimiento de agua a la ciudad de Sevilla o el ingenio de la *maqṣūra* retráctil de la mezquita Kutubiyya de Marrakech.[56] Esta persona ostenta en su nombre el título de "*al-Hājj,*" que corresponde a quienes han hecho la peregrinación a la Meca, y que nos indica que viajó a Oriente y sin duda aprovecharía esto para mejorar los conocimientos de su oficio.

Otro caso es el del artífice de la gran noria que regaba la almunia de al-Musara en Fās al-Jadid, Muḥammad b. ʿAlī b. ʿAbd Allāh b. Muḥammad Ibn al-Ḥājj, de origen sevillano y cuya onomástica familiar revela que alguno de sus antepasados, seguramente con el mismo oficio, hizo la peregrinación a la Meca.[57]

Que hubo transmisión de ideas, conocimientos y formas de construir a lo largo del tiempo es bien conocido, pero en lo que aquí nos atañe, conviene remarcar algunos hechos de interés. Las bóvedas construidas en ladrillo por hojas, conocidas y usadas en oriente de forma continua desde época muy antigua, tanto en Siria, Egisto, Anatolia, Irak y Persia, también están presentes en algunas de las construcciones del califato omeya de Damasco. Con un posible caso en al-Ándalus, entre los siglos IX y X, en el alminar de San Juan de Córdoba, reaparecen con cierto énfasis en occidente a partir de finales del siglo XII, coincidiendo con el imperio almohade. Su aparición parece coincidir también con las primeras presencias de bóvedas tabicadas en Occidente, y con un momento especialmente fructífero en la construcción de bóvedas de arcos entrecruzados. En estos casos, con nervios muy sutiles formados por finos arcos de ladrillos enfilados y siempre construidos con

---

[56]. Antonio Almagro, "The Retractable Maqṣūra Screen and Mobile Minbar of the Kutubiyya Mosque of Marrakesh," *Arqueología de la arquitectura* 18 (2021), 4.
[57]. Almela, "*Al-Madīna al-Baydāʾ*," 430.

yeso, recordando mucho más los ejemplos de la Persia selyukí que sus precedentes cercanos del siglo X cordobés. Bóvedas como las de la alcoba del cuarto del Alcaide (casas nº2 y 7 del patio de Banderas) del Alcázar de Sevilla (fig. 26),[58] la de la *maqṣūra* de la mezquita de Tremecén (fig. 27),[59] o la de la última cámara interior del alminar de la mezquita Kutubiyya de Marrakech (fig. 28),[60] construidas a lo largo del siglo XII, son ejemplos característicos que tendrán continuidad en épocas posteriores.

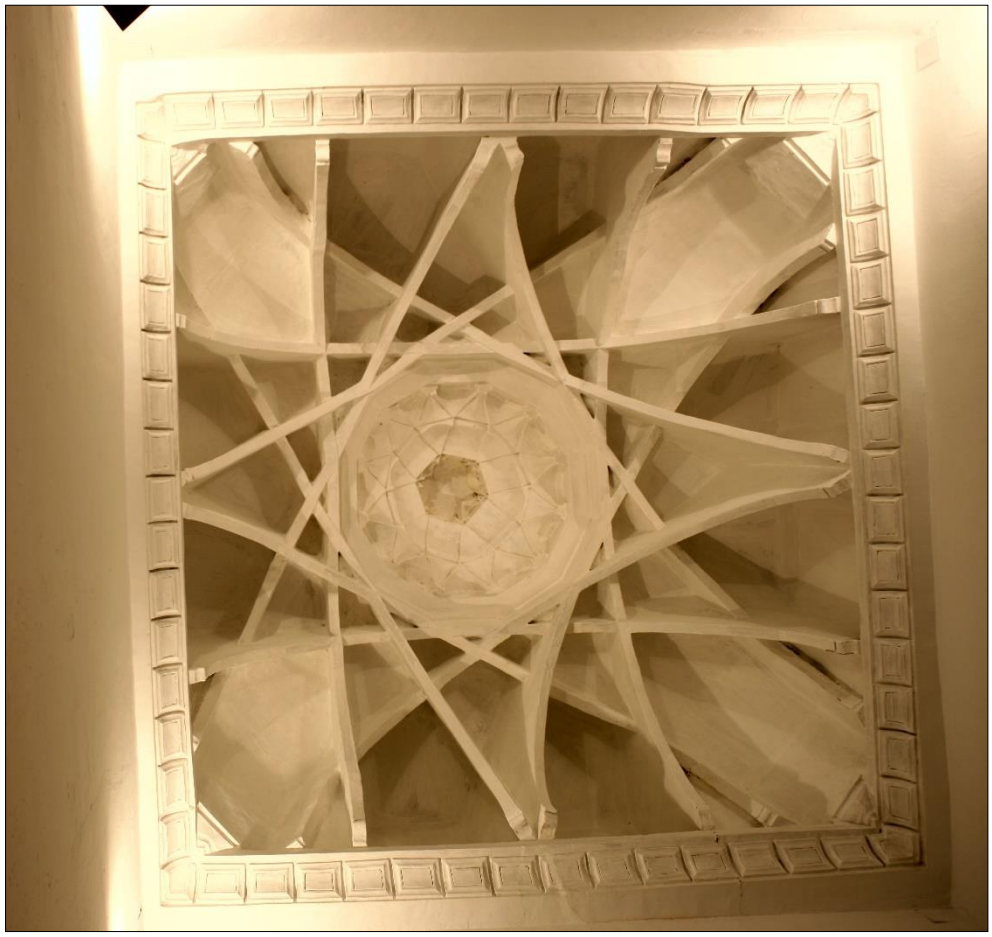


Fig. 26: Bóveda de arcos entrecruzados del Cuarto del Alcaide del Alcázar de Sevilla, © A. Almagro.

[58]. Antonio Almagro, "Sistemas constructivos almohades: estudio de dos bóvedas de arcos entrecruzados," in *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Santiago 26-29 octubre 2011*, eds. S. Huerta, I. Gil Crespo, S. García, M. Taín (Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2011), 48-51.

[59]. Antonio Almagro, "The Great Mosque of Tlemcen and the Dome of its Maqsura," *Al-Qantara* XXXVI-1 (2015): 228-233.

[60]. Almagro, "Sistemas constructivos almohades," 46-48.



Fig. 27: Bóveda de arcos entrecruzados de la Maqsura de la mezquita de Tremecén, © A. Almagro.



Fig. 28: Bóveda de arcos entrecruzados de la cámara superior del alminar de la mezquita Kutubiyya de Marrakech, © A. Almagro.

Bóvedas de ladrillo por hojas podían verse en la puerta occidental de la *qaṣba* de Túnez perteneciente a las fortificaciones levantadas por los almohades. Después están presentes en distintas construcciones del primer periodo nazarí de la segunda mitad del siglo XIII, especialmente en la Alhambra de Granada. Simultáneamente, también aparecen en edificios almohades los primeros ejemplos de bóvedas tabicadas, en la mequita de la qaṣba de Marrakech y en una escalera de una vivienda de Siyāsa (Cieza, Murcia) y en un pequeño techo del *ḥammām* del palacio de Comares de la Alhambra. Son, como hemos visto, sistemas para construir bóvedas sin cimbra o con cimbras muy ligeras. Estas construcciones parecen reavivar el intercambio de saberes constructivos y conocimientos entre zonas muy distantes del mundo islámico que se manifiestan también con otros ejemplos como la aparición del uso decorativo de la cerámica vidriada en la arquitectura o la difusión de determinados modelos arquitectónicos en lugares alejados unos de otros (caso de las mezquitas de nueve ámbitos con cuatro soportes centrales).

Un último dato a reseñar y que atañe a las bóvedas cordobesas de la mezquita resulta bastante significativo. En las recientes investigaciones realizadas como preludio a una intervención de restauración que se pretende llevar a cabo en las *maqṣūra* ha puesto de manifiesto que los sillares que conforman los arcos entrecruzados están unidos con yeso. Para ser más

precisos, con una mezcla de yeso y cal. Aunque conviene tener presente que, si bien la mezcla de estos conglomerantes se ha utilizado en muchas ocasiones, también es posible que su presencia simultánea no sea intencionada, sino el fruto del sistema de cocción del yeso que en los hornos tradicionales no se cuece a temperaturas homogéneas y que en muchos casos alcanzan temperaturas mucho más elevadas que la necesaria para producir la deshidratación de la piedra de aljez. Se llega en ocasiones a temperaturas que calcinan la molécula del sulfato cálcico produciendo dióxido de azufre y óxido de cal, es decir un gas que se difunde en la atmósfera de fuerte mal olor y que se detecta a veces en estas cocciones, y cal viva, que aparece mezclada con las distintas fases de hemidrato y anhidrita propios del yeso de construcción. En el posterior amasado, aparte de la rehidratación del sulfato cálcico, el óxido de cal se apaga dando lugar a hidróxido que finalmente se carbonata con el dióxido de carbono del aire en un proceso semejante al del mortero de cal, pudiendo dar lugar a la presencia simultánea de yeso y cal.

En todo caso, lo que se pretende subrayar es que el uso del yeso está marcando otro indicio de la influencia de procedimientos constructivos ligados a la reducción de los medios auxiliares necesarios para la construcción, lo mismo que persigue la disposición de las nervaduras en un procedimiento de construcción jerarquizado como es el de las bóvedas nervadas. Y todo esto apunta a un origen oriental de tales procedimientos.

El hecho de que las primeras bóvedas nervadas con arcos entrecruzados conocidas sean las de la mezquita de Córdoba cuyos arcos son de piedra y que las posteriores se hagan con ladrillos enfilados, como se construyen en oriente desde al menos el siglo XI, permitiría plantear que en el siglo XII podía haber llegado una nueva influencia desde oriente que produjo las bóvedas de arcos entrecruzados de nervios estrechos hechas con ladrillos enfilados, como la de Tremecén, la del alminar de la Kutubiyya o la del patio de Banderas de Sevilla, que renovaría un fenómeno anterior que dio lugar a las de la mezquita cordobesa. Pero viendo con detalle estas últimas, se puede asegurar que todo responde a un mismo influjo ya producido al menos en el siglo X. Parecen existir muchas similitudes entre los remates superiores de las cúpulas de la Maqsura de la mezquita de Córdoba y la cúpula gallonada de la qubbat al-Baʿadiyyīn (*qubba* en la *mayḍāʾa* de Ibn Yūsuf en Marrakech), de época almorávide, de Marrakech, esta última hecha a base de arcos de ladrillos enfilados formando las aristas y con ladrillo tabicados conformando los gallones. Es la misma técnica que se da, al menos desde el siglo XI, en Irán y cuyas raíces allí son evidentes en precedentes sasánidas, como se ha indicado anteriormente. Lo que crea dudas son los arcos de piedra de Córdoba, pero viendo la forma en que están aparejados, sobre todo en lo

que se ha puesto al descubierto en la cúpula occidental,[61] no parecen ser el fruto de canteros experimentados, sino de albañiles habituados a aparejar cualquier material sabiendo que luego lo van a enlucir. Se han dispuesto las dovelas lo mismo que podían haber colocado ladrillos o incluso mampuestos irregulares, con la confianza que les daba el usar yeso como mortero, que tiene una gran adherencia con cualquier material y fragua con rapidez. Eso permite trabajar con mínimos medios auxiliares como se va a explicar en el proceso de construcción de la maqueta que se muestra a continuación.

Como se indicó anteriormente, la cuestión es si estas bóvedas son formas creadas a priori y cuya construcción se ha resuelto con los medios disponibles o si son el producto de una forma de construir que busca ahorrar medios auxiliares, y que en un momento determinado evoluciona hasta producir formas más sofisticadas.

Una experiencia

Como colofón, y para ilustrar de manera práctica algunas de las ideas expuestas, se muestra el resultado de una experiencia realizada recientemente y en la que se ha intentado reproducir el proceso constructivo de una bóveda de arcos entrecruzados, tomando como caso el de la que cubre la séptima sala interna del alminar de la mezquita Kutubiyya de Marrakech. Se ha elegido este caso por tratarse de uno de los más sencillos que existen, lo que facilitaba el desarrollo de la prueba. La experiencia ha consistido en reproducir ese proceso en un modelo a escala reducida, pero usando materiales análogos a los reales. El modelo se ha hecho a escala la 1/10, y aunque resulta un poco pequeño para trabajar con comodidad, era la única escala para la que se encuentran ladrillos cerámicos en miniatura.[62] El modelo, como se puede apreciar, está hecho con ladrillos y yeso.[63] Resulta evidente que en la construcción de un modelo a escala no todo se puede reducir; por ejemplo, el pulso del operario no funciona con diez veces más sensibilidad de la normal. Tampoco sus manos se reducen de tamaño de forma acorde y por ello, en las últimas fases apenas cabían entre los arcos para mover la cimbra.

Uno de los resultados de esta experiencia es comprobar que el proceso constructivo no es especialmente complejo y la ejecución podía ser bastante rápida. Apenas requiere medios auxiliares. Basta con usar una simple cimbra hecha con tablas de unos 3 cm de grueso: podría ser incluso más sencilla que la que se ha utilizado, pero en este caso se necesitaba que la cimbra fuera

---

61. Ruiz Cabrero, *Las cúpulas de la macsura*, 75.

62. Este modelo fue realizado en el marco del proyecto de investigación "Atlas de Arquitectura Almohade, ATARAL," y está depositado en el Museo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.

63. Escayola para ser más exactos, ya que el yeso es más lento de fraguado y tiene una granulometría más gruesa lo que hacía muy difícil trabajar con él.

estable y autónoma, y se apoyara en el suelo porque por el tamaño de la maqueta resultaba indispensable poderla mover con facilidad toda a la vez, en lugar de estar formada por varias partes que se apoyaran en los muros como quizás se pudo hacer originalmente (fig. 29). Pero tal forma de operar resultaba casi imposible de realizar a una escala tan pequeña. Sobre esta sencilla cimbra se fueron colocando los ladrillos unidos con el yeso por sus cantos más largos, arrancando por los dos extremos hasta unirse en la clave. Esta operación, en la realidad, podría haber sido realizada por dos operarios que trabajaran simultáneamente.



Fig. 29: Proceso constructivo de una bóveda de arcos entrecruzados. Cimbra y construcción del primer arco, © A. Almagro.

El momento más delicado del proceso es sin duda cuando se descimbra el primer arco y hasta que se consigue cerrar un arco perpendicular como fase siguiente, por la fragilidad que presenta esta estructura cuando permanece aislada; su largo desarrollo y reducido espesor la hace muy débil ante cualquier acción horizontal en dirección transversal, debilidad que desaparece a medida que se ven construyendo los arcos sucesivos (fig. 30). Después de dos intentos, pues pequeños accidentes provocaron sucesivas ruinas de este primer arco, se recurrió a ponerle unas riostras de madera sujetas con unas pellas de yeso, fáciles de quitar una vez que se han construido un par de arcos arriostrándolo, solución que muy posiblemente adoptaran los

constructores de estas bóvedas.[64] La construcción de nervios sucesivos resulta bastante más sencilla y menos crítica, de modo que construidos los cuatro arcos que forman cruz, los siguientes, ya muy fraccionados, no presentan más problema que la necesidad de cortar ladrillos al tamaño adecuado para resolver las intersecciones con otros arcos. En todo caso, el recurso a rellenar con yeso las juntas con forma más irregular resuelve la situación (fig. 31).

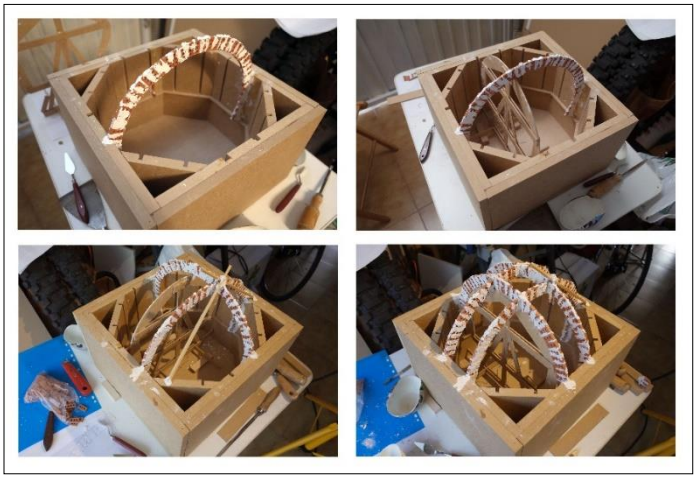


Fig. 30: Proceso constructivo de una bóveda de arcos entrecruzados. Construcción de los arcos traveseros, © A. Almagro.



Fig. 31: Proceso constructivo de una bóveda de arcos entrecruzados. Conclusión de los arcos diagonales, © A. Almagro.

[64]. No cabe duda que los problemas que generó la inexperiencia inicial se verían muy reducidos de repetirse el ensayo que adoleció de falta de la necesaria destreza en el manejo de los materiales que solo se adquiere con una práctica asidua. No resulta sencillo aprender a usar el yeso y acostumbrarse a sus tiempos de fraguado y a conseguir su plasticidad adecuada. Lo mismo cabe decir respecto al proceso de construcción y a evitar accidentes inesperados.

Concluida la construcción del entramado de nervios, el cierre de los espacios intermedios con plementos se haría fácilmente con la técnica de las bóvedas tabicadas, a base de ladrillo puestos de plano y unidos con yeso por las caras más estrechas. Esto se haría en todos los casos salvo el centro que se cerró con un cupulín de mocárabes, que seguramente se prefabricarían antes de montarse en su posición definitiva. Posteriormente se procedería al enlucido general de la bóveda con yeso, operación que permitía la regularización de pequeños defectos debidos a deformaciones de los ladrillos o a errores del albañil.

Conviene aclarar que del ejemplo que se ha reproducido en este modelo no tenemos certeza de cómo está construido, ya que la bóveda se encuentra totalmente enlucida y no resulta accesible el trasdós de la misma. Por las dimensiones de los nervios es casi seguro que están constituidos por ladrillos enfilados de unos 5 cm de espesor a los que añadiendo 2 o 3 cm de enlucido en cada cara se alcanzan los 10 cm que tienen los nervios. La hipótesis de los plementos se basa en la certeza de que la técnica de bóveda tabicada ha sido detectada, como ya se ha mostrado, en otras construcciones coetáneas. También se ha mostrado que tanto las bóvedas de arcos entrecruzados como las de mocárabes nunca tuvieron una función estructural para servir de soporte a suelos transitables o tejados. En este caso es casi seguro que por encima de la bóveda nervada exista una bóveda vaída como sucede en otras salas de este alminar al igual que en los otros dos grandes alminares almohades de Sevilla y Rabat.

No cabe duda de que este modo de construir bóvedas, aparte de producir formas con un gran impacto visual y que parecen fruto de un verdadero virtuosismo, no resultan tan difíciles de ejecutar y realmente ofrecen notables ventajas, sobre todo evitando el uso de cimbras sólidas como pueden requerir otro tipo de bóvedas. Con unas pocas tablas se puede conformar el elemento auxiliar cuya función principal es la de controlar y asegurar la forma correcta de cada arco, además de sostener provisionalmente el escaso peso de los ladrillos que forman cada nervio. Esa simple cimbra con forma de cercha se reaprovecha sucesivamente para construir los demás arcos y, si se constituye con varios elementos, su desmontaje y remontaje puede ser rápido y sencillo. En suma, un par de albañiles con sus correspondientes ayudantes no requerirían mucho más de dos o tres jornadas para la construcción del núcleo de la bóveda. Su enlucido y decoración podrían requerir de más tiempo en función del acabado final que se le quisiera dar (fig. 32 y 33).



Fig. 32: Extradós de la cúpula nervada de la figura 22 de la mezquita de Isfahán mostrando la disposición de los nervios con ladrillos enfilados, © Galdieri, IsMEO R. 10380/4).



Fig. 33: Extradós de la cúpula nervada de la figura 27 de la mezquita de Tremecén mostrando la disposición de los nervios con ladrillos enfilados, © A. Almagro.

Conclusiones

A lo largo de las páginas precedentes se ha realizado una revisión actualizada de bóvedas construidas con procedimientos singulares en el ámbito de al-Ándalus y al-Maghrib incluyendo algunos ejemplos nuevos no contemplados en trabajos precedentes y que en buena manera confirman hipótesis planteadas con anterioridad. Especialmente algunos ejemplos de Marruecos, hasta ahora no conocidos, permiten no solo ampliar el panorama de estudio sino albergar fundadas expectativas de poder encontrar nuevos casos en el futuro en edificios aún no estudiados, y sobre todo, en algunos de los conocidos, en los que pudieran encontrarse soluciones similares ocultas por enlucidos.

El tema de los análisis constructivos y de la arqueología de la arquitectura es sin duda un tema aún no abordado en Marruecos con la profundidad debida. Asistimos en los últimos años a la realización de múltiples labores de restauración en numerosos monumentos sin que se vean acompañados de la realización de estudios paramentales ni otro tipo de análisis arqueológicos, a pesar de que el criterio que se aplica de manera sistemática, muy discutible en todo caso, sea el renovar los enlucidos y revocos eliminando los antiguos y colocando otros nuevos sin reflejar la información que en muchas ocasiones contenían o la que queda temporalmente a la vista al eliminar esos revestimientos. Sin duda es mucha la información que se puede lograr a través de estos estudios pues las formas de construir, los materiales empleados y el modo en que se usan, así como la estratigrafía de las fases constructivas, pueden resultar tanto o más útiles que las comparaciones estilísticas y, siempre ser complementarios, a través de procedimientos comparativos con los usados en otros edificios, de los antes mencionados para profundizar y esclarecer la historia de la arquitectura y con ella de la cultura y la sociedad.

En todo caso, de los aún escasos ejemplos que se han podido estudiar, resulta evidente que en los territorios del extremo occidental del mundo islámico medieval existió un uso de ciertas técnicas de construcción de bóvedas que no parecen proceder del mundo clásico, sobre todo romano, que pervivió en la antigüedad tardía y que precedió a la expansión del Islam, sino que debió llegar y desarrollarse a través de la nueva cultura venida de oriente por el norte de África. Estos sistemas constructivos trataban de evitar o reducir el uso de cimbras y medios auxiliares y parecen tener origen en lugares en los que la madera escasea. Los ejemplos más antiguos de estos procedimientos se encuentran en la región del Oriente Medio y muy probablemente fue desde esta región desde la que se fue extendiendo su uso, sobre todo en áreas de similares condiciones climáticas y recursos disponibles. Sólo así puede explicarse la sorprendente similitud existente

entre soluciones adoptadas en lugares tan distantes como Persia y al-Maghrib. No existe prácticamente información a este respecto de otros países del norte africano que pudieron servir de nexo entre al-Ándalus y al-Maghrib con las zonas de Oriente Medio en las que se encuentran también construcciones similares, pero es muy posible que esto se deba al escaso interés que estos temas han suscitado hasta ahora en la mayoría de los estudiosos de la arquitectura en esos lugares, por lo que cabe esperar que en el futuro nuevas informaciones permitan avanzar en este campo. Uno de los objetivos de este artículo es suscitar el interés por el estudio de las técnicas constructivas de modo que se integre su análisis en la investigación arquitectónica y esta nos ayude a comprender mejor las realidades culturales y sociales que están en el origen de nuestra realidad actual. Porque, además, muchas de estas formas de construir siguen siendo válidas y pueden ser útiles a la sociedad actual. La cultura escrita nos narra mucho mejor las vías de transmisión de ideas y conocimientos a través de personajes que suelen explicar, mediante sus escritos, cómo adquirieron sus conocimientos y cómo los difundieron. En la cultura material no suele haber relatos de estas transmisiones y tienen que conocerse a través de un seguimiento de su presencia en lugares y épocas determinadas, de las que se puedan deducir las vías de transmisión. Y estas migraciones forman también parte importante de la historia de la cultura y de la humanidad.

En nuestra sociedad actual, los conocimientos se transmiten sin duda con mayor facilidad y rapidez gracias a los medios de que disponemos, pero conviene saber que estos fenómenos siempre han existido y en ocasiones, la rapidez de adopción de soluciones tomadas de otros lugares se hace sin la debida reflexión. El análisis de cómo se produjeron en el pasado puede ayudar a filtrar más adecuadamente los conocimientos que nos pueden ser de utilidad de aquellos cuya simple aplicación puede carecer de sentido en otros lugares o con otras circunstancias.

Pese a que algunas de las hipótesis que planteamos acerca de la transmisión de conocimientos y formas de construir a lo largo del mundo islámico están lejos de poderse dar por ciertas, la presencia de nuevos ejemplos y la posibilidad de que surjan otros en el futuro abriga la esperanza de que con el tiempo podamos conocer con mayor fundamento como se generaron y transmitieron estas formas de construir que representan soluciones de gran ingenio que en muchos casos permitieron la materialización de obras arquitectónicas relevantes.

Bibliografía

Almagro Gorbea, Antonio. *El palacio omeya de Amman I. La Arquitectura*. Madrid: Instituto Hispano-Árabe de Cultura, 1983.

_____. "La torre de Romilla. Una torre nazarí en la vega de granada." *Al-Qantara* XII-1 (1991): 225-250.

_____. "Arquitectura Mudéjar de Teruel." In *Teruel Mudéjar. Patrimonio de la Humanidad*. Obra colectiva con G. Borrás, A. Gargallo, A. Pérez, M. I. Álvaro y J. Yarza: 157-200. Zaragoza: Ibercaja, 1991.

_____. "Bab al-Had." In *ATARAL, Atlas de Arquitectura Almohade*. Dir. Almagro, Antonio (Real Academia de Bellas Artes de San Fernando) https://www.ataral.es/inventario.php?id=bab-al-had.

_____. "Sistemas constructivos almohades: estudio de dos bóvedas de arcos entrecruzados." In *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Santiago 26-29 octubre 2011*. S. Huerta, I. Gil Crespo, S. García, M. (ed.) : 45-53. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2011.

_____. "Bóvedas tabicadas en la Cartuja de Granada: el final de un proceso evolutivo." In *Construyendo bóvedas tabicadas, Actas del Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas, Valencia 26, 27 y 28 de mayo de 2011*. Arturo Zaragozá, Rafael Soler y Rafael Marín (ed.): 46-58. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2012.

_____. "On the origin of certain vaults without formwork: Iranian timbrel vaults." In *History of Construction Cultures*. Mascarenhas-Mateus & Paula Pires (ed.): 134-140. Lisboa: Taylor & Francis Group, 2021).

_____. "The Great Mosque of Tlemcen and the Dome of its Maqsura." *Al-Qantara* XXXVI-1 (2015): 199-257.

_____. "The Retractable Maqṣūra Screen and Mobile Minbar of the Kutubiyya Mosque of Marrakesh", *Arqueología de la arquitectura* 18 (2021): e120. https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2021.012

_____. "Bóvedas tabicadas en al-Ándalus y el Magreb." In *Construyendo Bóvedas Tabicadas II, Building Tile Vaults II*. Fernando Vegas López-Manzanares, Rafael Marín Sánchez, Lidia García-Soriano y Camila Mileto (ed.). Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia 2022, 52-65.

Almagro Gorbea, Antonio, Julio Navarro Palazón y Pedro Jiménez Castillo. *El palacio omeya de Amman III, Investigación arqueológica y restauración 1989-1993*. Granada: Escuela de Estudios Árabes, CSIC-Real Academia de Bellas Artes, 2000.

Almagro, Antonio y Antonio Orihuela. "Bóvedas nazaríes construidas sin cimbra: un ejemplo en el Cuarto Real de Santo Domingo (Granada)." In *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Madrid 9-12 octubre 2013*. Vol. I. S. Huerta, F. López Ulloa (ed.): 25-34. Madrid: Instituto Juan de Herrera, ETS Arquitectura de Madrid, 2013.

Almela, Iñigo. *Al-Madīna al-Baiḍāʾ (La ciudad Blanca). Historia, arquitectura y urbanismo de la capital meriní*. Granada: Editorial Universidad de Granada, 2024.

_____. "Bāb al-Maḥrūq." In *ATARAL, Atlas de Arquitectura Almohade*. Dir. Antonio Almagro (Real Academia de Bellas Artes de San Fernando) https://www.ataral.es/inventario.php?id=bab-mahruq

_____. "La mezquita de al-Manṣūr en la Qaṣba de Marrakech. Aproximación a su configuración almohade." *Arqueología de la Arquitectura* 17 (2020): e096. https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2020.005

Bloom, Jonathan M. "Architectural 'Influence' and the Hajj." In *The Hajj: Collected Essays*. Venetia Porter and Liana Saif (ed.): 136-142. London: The British Museum, 2013.

Butler, Howard C. *Ancient Architecture in Syria. Southern Syria. The Southern Ḥaurân*, II. A. 2. Leyden: Brill, 1909.

Carrillo, Sierra C. "La Mezquita de Ibn Adabbás: Los textos y la arqueología." In *La catedral en la ciudad (II). De Isidoro a Abd ar-Rahman, Aula Hernán Ruiz*. Alfonso Jiménez (ed.): 161-179. Sevilla: Aula Hernán Ruiz, 2006.

Choisy, Auguste. *L'art de bâtir chez les Byzantins*. Paris: Librairie de la Société Anonyme des Publications Périodiques, 1883.

Creswell, Keppel Archibald Cameron. *Early Muslim Architecture, Vol I, Umayyads A. D. 622-750.* Oxford: Oxford University Press, 1969.

Criado Mainar, Jesús. "Juan Lucas Botero 'el Viejo' y el cimborrio de la catedral de Tarazona." *Tvriaso* XIV (1997-1998):107-132.

Daoulatli, Abdelaziz. *Tunis sous les Hafsides, Evolution urbaine et activité architecturale*. Tunis: Institut national d'archéologie et d'art, 1976.

Fernández Puertas, Antonio. *The Alhambra, I. From the ninth Century to Yusuf I (1354)*. Londres: Saqi Books, 1997.

Fray Lorenzo de San, Nicolás. *Arte y uso de Arquitectura*. Edición original (1633-1665). Madrid: 1796.

Fuentes González, Paula, Javier Ibáñez Fernández; Luis Franco Lahoz, Mariano Pemán Gavín, Santiago Huerta Fernández. "Forma, construcción y estabilidad del cimborrio de la Seo de Zaragoza." In *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Santiago 26-29 octubre 2011*. S. Huerta, I. Gil Crespo, S. García y M. Taín (ed.): 431-439. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2011.

Galdieri, Eugenio. "Contributi a la conoscenza delle estrutture a nervature incrociate." *Rivista di Studi Orientali* V-57 (1983): 61-75.

_____. *Isfahān: Masǧid-i Ǧum'a, 1: documentazione fotografica e rapporto preliminare:photographs and preliminary Report*. Roma: IsMEO, 1972.

García Pulido, Luis José. "El sistema constructivo empleado en la torre nazarí de Agicampe (Loja, Granada)." In *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Madrid 9-12 octubre 2013*. Vol. I. S. Huerta, F. López Ulloa (ed.): 375-384. Madrid: Instituto Juan de Herrera, ETS Arquitectura de Madrid, 2013.

Godard, André. "Voûtes iraniennes." *Athar-é Iran* IV (1949): 185-256.

Gómez-Ferrer Lozano, Mercedes. "Las bóvedas tabicadas en la arquitectura valenciana." In *Construyendo bóvedas tabicadas, Actas del Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas, Valencia 26, 27 y 28 de mayo de 2011*. Arturo Zaragozá, Rafael Soler y Rafael Marín (ed.): 61-80. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2012.

Hernández Giménez, Félix. *El alminar de 'Abd al.Raḥmān III en la mezquita mayor de Córdoba. Génesis y repercusiones.* Granada: Patronato de la Alhambra, 1975.

Meunié, Jaques y Terrrasse, Henri. *Nouvelles recherches archéologiques à Marrakech*. Paris : Arts et métiers graphiques, 1957.

Molero Garcia, Jesús Manuel, Ignacio Javier Gil Crespo y David Gallego Valle. "Bóvedas de ladrillo sin cimbra en las fortalezas de las órdenes militares en el Campo de Montiel y el Campo de Calatrava (Ciudad Real)." In *Construyendo bóvedas tabicadas II, Building Tile Vaults II.* Vegas, F., Marín, R., García-Soriano, L. y Mileto, C. (ed.): 16-35. Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 2022.

Moya Blanco, Luis. *Bóvedas tabicadas,* Madrid: Ministerio de Gobernación/Dirección General de Arquitectura, 1947.

Orihuela, Antonio y Carlos Vílchez. *Aljibes públicos de la Granada islámica*. Granada: Ayuntamiento, 1991.

Ochsendorf, John. *Guastavino Vaulting: The art of structural tile*. New York: Princeton Architectural Press, 2010.

Rabasa Diaz, Enrique. "Bóvedas sin cimbra: ladrillo autoportante por hojas o recargado," *Construyendo bóvedas tabicadas II, Building Tile Vaults II.* Ed. Vegas, F., Marín,

R., García-Soriano, L. y Mileto, C. (ed.): 3-15. Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 2022.

_____. "La técnica de puesta en obra de bóvedas de ladrillo por hojas con mortero de cal. Fuentes primarias y experiencias con maestros de México y Extremadura." *Journal of Traditional Building, Architecture and Urbanism* 5 (2024): 340-353.

Reuther, Oskar. "Sasanian Architecture." In *A Survey of Persian Art from prehistoric times to the present*. Vol. I, cap. 23. Arthur Upham Pope (Dir.): 411-444. London: O.U.P., 1938.

Ruiz Cabrero, Gabriel. *Arquitectura de la Mezquita-Catedral de Córdoba; Las cúpulas de la Macsura: Los últimos descubrimientos arqueológicos y constructivos que arrojan luz sobre las cúpulas de al-Hakam.* Córdoba: Almuzara, 2023.

Slumberger, Daniel. *Lashkari Bazar: Une résidence royale ghaznévide et ghoride. Part 1A: L'architecture*. Paris: Diffusion de Boccard, 1978.

Torres Balbás, Leopoldo. "Arte hispanomusulmán hasta la caída del califato de Córdoba (711-1031 d. J.C.)." In *Historia de España*. Ramón Menéndez Pidal (Dir.). Tomo V: 331-788. Madrid: Espasa Calpe, 1957.

_____. "Cáceres y su cerca almohade. Crónica Arqueológica de la España Musulmana, XXIII." *Al-Ándalus* XIII (1948): 471.

_____. "Origen árabe de la palabra francesa 'ogivc,' Crónica Arqueológica de la España Musulmana. XIII." *Al-Ándalus* VIII (1943): 265-266.

Urice, Stephen K. *Qasr Kharana in the Transjordan*. Durham N.C.: ASOR, 1987.

Vegas, Fernando y Camila Mileto. "Guastavino y el eslabón perdido." In *Construyendo bóvedas tabicadas, Actas del Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas, Valencia 26, 27 y 28 de mayo de 2011*. Arturo Zaragozá, Rafael Soler y Rafael Marín (ed.): 132-155. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2012.

Vitti, Paolo. "Tile voulting and its oriental pedigree." In *Construyendo bóvedas tabicadas II, Building Tile Vaults II.* Vegas, F., Marín, R., García-Soriano, L. y Mileto, C. (ed.): 36-51. Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 2022.

Zaragozá Catalán, Arturo. "Hacia una historia de las bóvedas tabicadas." In *Construyendo bóvedas tabicadas, Actas del Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas, Valencia 26, 27 y 28 de mayo de 2011*. Arturo Zaragozá, Rafael Soler y Rafael Marín (ed.): 11-45. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2012.

العنوان: ملاحظات جديدة حول طرق خاصة لبناء القباب في الأندلس والمغرب.

ملخص: في بعض الأبحاث السابقة عالجتُ بالتحليل جملةً من التقنيات المعمارية الخاصة بتشييد القباب في الغرب الإسلامي. فقد اعتمد الموحِّدون، في عدد من منشآتهم، أنماطاً إنشائية متعدّدة مكّنتهم من الاستغناء عن الهياكل الخشبية المساندة، من أبرزها القباب ذات الأقواس المتقاطعة، والقباب المشيّدة من ألواح الآجر العمودي المرصوفة في صفوف منتظمة، إضافةً إلى القباب الطابقية المبنية بالآجر المنبسط، والقباب القائمة على صفوف مائلة. بيد أنّ هذه الحلول التقنية لا تُعدّ ابتكاراً موحّدياً خالصاً، إذ تُثبت الشواهد الأثرية والنصوص التاريخية حضورها في مراحل سابقة، مع شيوعها بشكل متزامن، بل وربما أسبق، في مناطق أخرى من العالم الإسلامي. وتفتح المعطيات المستجدّة والتجارب البحثية الحديثة آفاقاً جديدة لإعادة مقاربة هذا الموضوع، بما يكشفه من مؤشّرات على دينامية التأثيرات المتبادلة، وعلى شبكات انتقال المعارف والمهارات الحرفية والأفكار المعمارية داخل فضاء دار الإسلام. كما يبرز من خلال ذلك الدور المحوري لهذه الشبكات في نقل بعض الابتكارات البنائية إلى أقاليم الغرب المسيحي، حيث أعيد توظيفها وتكييفها وفق خصوصيات السياقات المحلية.

الكلمات المفتاحية: قباب، أقواس، بناء، آجر، جص.

Titre: Encore sur des moyens spéciaux pour construire des voûtes en al-Andalus et al-Maghrib.

Résumé: Dans des travaux antérieurs, j'ai analysé certaines manières de construire des voûtes en Occident islamique. Des voûtes à arcs entrecroisés, des voûtes construites avec des feuilles de briques verticales alignées, des voûtes légères en briques plates ou des voûtes à assises inclinées pour ne pas avoir besoin de coffrage furent utilisées dans certaines constructions de l'époque almohade, mais certaines de ces techniques apparaissent déjà. Dans le passé et avec une présence simultanée, sinon antérieure, dans d'autres régions du monde islamique. De nouvelles données et expériences nous permettent de revenir sur ce thème qui, entre autres, souligne les influences et, sans aucun doute, la mobilité de personnes et le transfert d'idées à travers le Dār al-Islām, et à partir duquel elles ont également été transmises à d'autres territoires de l'Occident chrétien.

Mots-clés: voûtes, arcs, construction, brique, plâtre.