

Roofs, volumetric composition and proportions in Madīnat al-Zahrā'

One of the most striking aspects in the restorations of Caliphal palaces of Madīnat al-Zahrā' or al-Rummanīyya almunia is the configuration of the roofs, resolved individually on four slopes over each of the rooms of buildings. This proposal, widely disseminated in popular publications which need to define a image, comes from dubious premises and has not a clear justification in a functional sense. On the other hand, Caliphal architecture is characterized by the recurrent use of square rooms, perfectly delimited by heavy load-bearing walls, both in the main body and in the porticoes. In later times, these dividing elements will gradually lose importance, turning into simple plaster arches in the rear and disappearing into the front. In this text we ask ourselves some questions about its origin and function, both compositional and structural, establishing a possible relationship between the planimetric solution and the roofs of the building.

Una de las cosas que más nos llama la atención en las restituciones de los palacios califales de Madīnat al-Zahrā' o de la almunia de al-Rummanīyya es la configuración de las cubiertas, resueltas a cuatro aguas individualmente sobre cada una de las habitaciones de los edificios. Esta propuesta, muy difundida en publicaciones de divulgación donde se necesita concretar una imagen totalmente definida, parte de premisas dudosas y no tiene una clara justificación a nivel funcional. Por otro lado, la arquitectura califal se caracteriza por el uso recurrente de alhánias cuadradas, perfectamente delimitadas por muros de carga de gran espesor, tanto en el cuerpo principal como en los pórticos. En época posterior estos elementos de división irán perdiendo importancia, convirtiéndose en simples arcos de yeso y desapareciendo en las arcadas frontales. En este texto nos planteamos algunas preguntas sobre su origen y función, tanto compositiva como estructural, estableciendo una posible relación entre la solución planimétrica y las cubiertas del edificio.

Federico Iborra
Bernad

Cubiertas, composición volumétrica y proporciones en Madīnat al-Zahrā'

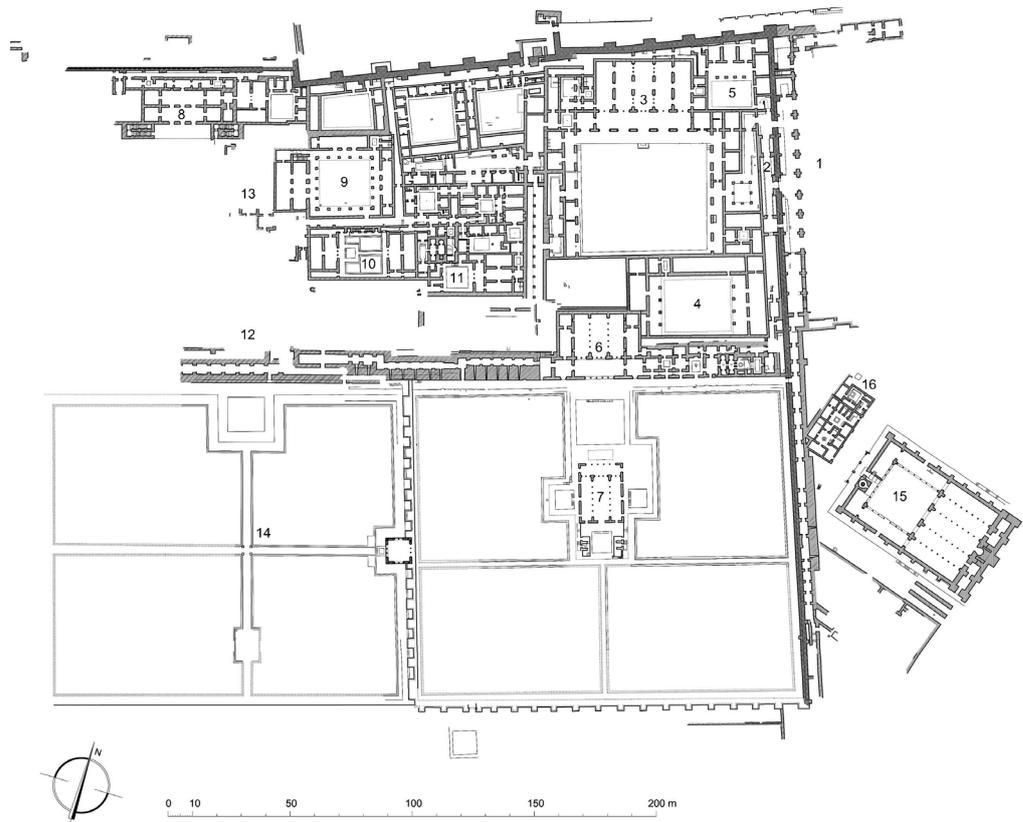


Figura 1. Planta general de Madīnat al-Zahrā' según Antonio Almagro (Archivo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, en adelante RABASF, AA-108_19). En el texto se va a hacer referencia a los siguientes edificios: Bāb al-Sudā' (2), Salón Basilical (3), Salón Rico o salón del trono (6), Pabellón Central (7), Dār al-Mulk o residencia del califa (8), Casa del Patio de Pilares (9) y Casa de la Alberquilla o residencia del príncipe heredero (10).

La imagen de la arquitectura de Madīnat al-Zahrā'

Figura 2. Aspecto actual del Salón Rico. (Wikimedia Commons).

El edificio más representativo de Madīnat al-Zahrā' (figura 1) es el salón del trono de 'Abd al-Raḥmān III, llamado modernamente Salón Rico, levantado entre los años 953 y 956 dentro de lo que Félix Arnold (2019: 326) ha denominado como tercera fase constructiva del complejo palatino. Su aspecto actual (figura 2) es fruto de una laboriosa reconstrucción llevada a cabo a partir de la década de los años 40 del pasado siglo XX por el arquitecto Félix Hernández, concluida bajo la dirección de Rafael Manzano a finales de los 80. Los pormenores de esta operación han sido extensamente estudiados por Antonio



Dr. Arquitecto
Profesor Contratado
Doctor
Departamento
de Composición
Arquitectónica
Universitat Politècnica
de València



Figura 3. Uno de los ejemplos de restitución del conjunto de Madīnat al-Zahrā' según el criterio más asumido, con cubiertas paralelas a cuatro aguas. Infografía de Antonio Almagro (RABASF, AA 108_i9).

Vallejo Triano (1995), por lo que no nos extenderemos en ellos. Basta recordar que, de forma muy excepcional dentro del conjunto arqueológico, en este caso se decidió volver a levantar la estructura para poder integrar allí la abundante y rica decoración de ataurique recuperada y permitir su mejor conservación. De la cubierta únicamente se sabía que había sido de teja y bastante elevada, con recogida de aguas en un desagüe localizado al norte del salón.

En la reconstrucción se decidió adoptar como modelo la ampliación de al-Ḥakam II (961-976) de la mezquita de Córdoba, de la que se tomó el tipo de cubierta independiente a cuatro vertientes, así como la solución plana de la techumbre interior. La decisión más arbitraria fue la altura, que se tomó directamente de la empleada en Córdoba con la ampliación de al-Ḥakam II (a pesar de que la anchura varía). El propio arquitecto era bien consciente de la ausencia de datos firmes y la debilidad de su propuesta, pero a pesar de ello defendía la necesidad de reconstrucción porque *“de no atinarse exactamente con lo que midiera de alto la estancia a reorganizar, la elevación por nosotros adoptada, indudablemente muy poco distinta de la efectiva, sería rectificable con coste relativamente reducido y sin deterioro de los elementos auténticos de la estructura o del decorado, de darse con testimonio que solventara decisivamente el problema de exacta rasante de techumbre”* (Vallejo 1995, 24-25).

Queda, por tanto, bien claro que Félix

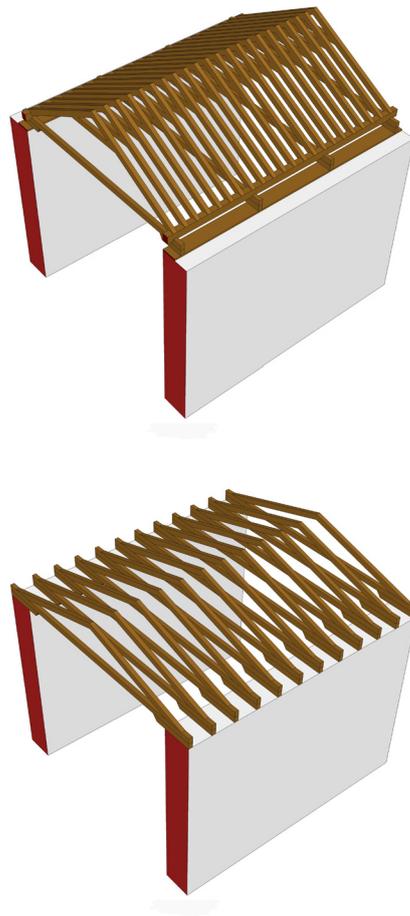
Hernández llegó a la solución construida como una hipótesis, y que por ello resulta lícito proponer una revisión de la misma. Así, dentro del campo meramente especulativo, nos atrevemos a plantear algunos interrogantes sobre la generalización del sistema de cubiertas del “Salón Rico” a todo el conjunto palatino, que vemos en diversas infografías y restituciones de la ciudad califal (figura 3),¹ dando lugar a una imagen muy característica y singular, sin paralelos en la arquitectura anterior o posterior.

Metodología y organización del discurso

Para acometer nuestro propósito, comenzaremos hablando sobre los conocimientos en construcción de cubiertas que había en el siglo X, bastante alejados de la tradición posterior de la denominada “carpintería de armar hispanomusulmana”, y plantearemos diferentes propuestas buscando la compatibilidad con edificios de configuración ligeramente diferente. En ese punto ha sido fundamental el estudio del arquitecto Federico Wulff (2010) sobre las armaduras de cubierta andalusíes, ya que incorpora la vertiente cronológica a un campo que hasta ahora se había afrontado desde planteamientos formales, constructivos o tipológicos. No vamos a entrar, sin embargo, en el problema del remate de los edificios, con almenas o aleros.

Después hablaremos sobre la geometría y la proporción. Nos centraremos en el posible uso de la progresión geométrica y la relación 3:5 a la hora de dimensionar los ambientes más representativos, y concluiremos comprobando cómo

Figura 4. Esquemas de cubierta. A) Armadura "hispanomusulmana" de par y nudillo, no anterior al siglo XII. B) Resuelta mediante cerchas independientes, como en la Mezquita de Córdoba (siglo X). Elaboración propia. Puede observarse en la primera la importancia de los estribos continuos sobre los muros, en los que reposan los pares.



los anchos de crujía de algunas construcciones pueden explicarse a partir de un encadenamiento volumétrico en las alturas, permitiendo la continuidad de los niveles de forjado o los faldones de cubierta. Todo ello se puede deducir a partir de las plantas de los edificios, en el momento en que entendemos las reglas con las que se proyectaron.

La tecnología en las armaduras de cubierta en el siglo X

¿Estaban todas las cubiertas califales resueltas como planteó Félix Hernández al restaurar el Salón Rico? Con casi total seguridad se podría contestar que no. Para pequeñas luces la solución más simple ha sido

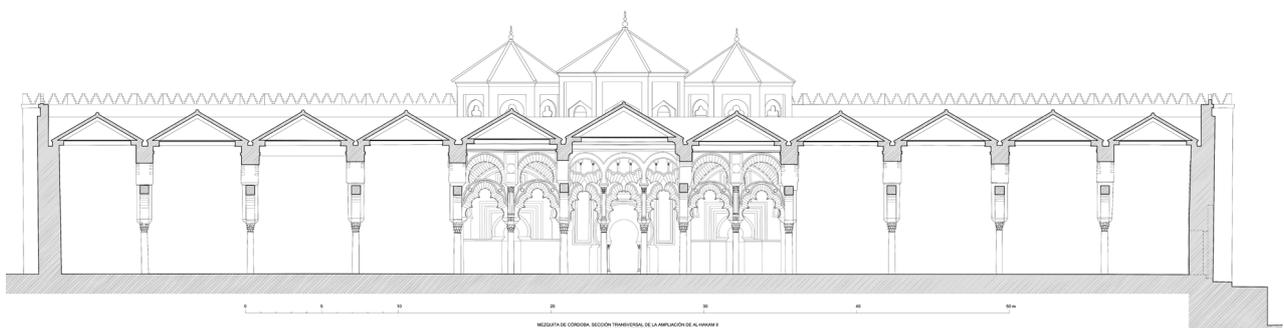
siempre el "cobertizo", también denominado cubierta de "colgadizo" o "a la molinera", es decir, el tejado de una sola vertiente apoyado de un muro a otro o entre un muro y una columnata, que ya usaron abundantemente los romanos (Adam 2002: 224).

Para cubrir luces importantes se recurre a armaduras trianguladas. Dentro de la tradición andalusí y mudéjar hispánica se desarrolló una técnica muy particular, que pervivió hasta el siglo XVIII (figura 4-A). Una de las principales características de las armaduras hispánicas es el apoyo sobre durmientes o estribos atirantados, pero el estribado de las armaduras no se desarrolla ni en Europa ni en el África islámica hasta el siglo XII, con claros ejemplos de transición mediante soluciones que no son puras. (Wulff 2010, 352-353). Por ello puede afirmarse que, antes de esa fecha, las cubiertas andalusíes más complejas también se resolverían mediante una sucesión de cerchas triangulares independientes, sin ningún tipo de estribado (figura 4-B).

En España, el testimonio más antiguo es la techumbre califal de la mezquita de Córdoba. Los fragmentos de madera correspondientes a la ampliación de al-Ḥakam II, reutilizados en las cubiertas posteriores, han permitido restituirla como una sucesión de cerchas simplificadas de tipo bizantino, separadas entre ejes una distancia de 90 cm y ocultas parcialmente por un tablero apoyado sobre los tirantes (Cabañero y Herrera 2001, 274). Las cubiertas actuales, resueltas a cuatro aguas, son fruto de una reconstrucción de comienzos del siglo XVIII (Wulff 2010: 234). Esto implica que se cometió un error de partida a la hora de plantear la imagen exterior actual del Salón Rico.

Con una estructura de cerchas lo razonable es techar a dos aguas, levantando muros triangulares en los testeros. Tomando la cota original es posible resolver el tejado a dos aguas sin afectar a las ventanas altas de las cúpulas, tal como propone Antonio Almagro (figura 5) en sus restituciones (RABASF,

Figura 5. Hipótesis de la sección original de la ampliación de al-Ḥakam II en la mezquita de Córdoba, según Antonio Almagro (RABASF, AA-101_44).



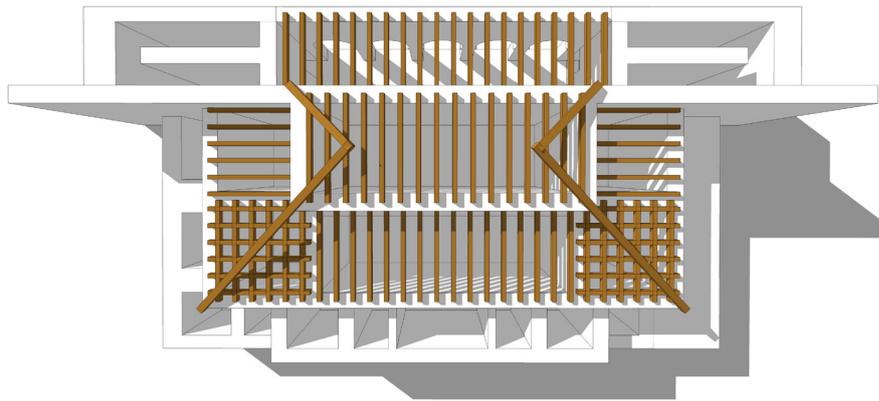


Figura 6. Hipótesis de cómo se podría desarrollar, en caso de considerarse necesario, un atirantado bidireccional sobre las alhanías de la Dār al-Mulk. Elaboración propia.

AA-101_44 y AA-101_45).² Por extensión, resulta razonable pensar que en Madīnat al-Zahrā' las naves del Salón Rico y el Salón Basilical también se resolvieron a dos aguas, quedando los testeros ocultos por unos pórticos que parecen intencionadamente sobredimensionados para alcanzar igual o mayor altura.

Menos desarrollados están los estudios sobre tejados piramidales. En la mezquita de Córdoba se usaron para las cúpulas que iluminan el interior de la ampliación de al-Ḥakam II, aunque también han sido muy renovados. Hay magníficos ejemplos posteriores en *qubbās*, resueltos con armaduras estribadas, como el Cuarto Real de Santo Domingo en Granada, del siglo XIII (Almagro 2002), pero esta tecnología no se desarrolló hasta el siglo XII.

Los romanos ya cubrían torres y pabellones de planta cuadrada sin dificultad apoyando los pares directamente sobre los muros, que con luces pequeñas absorberían bien los empujes, o probablemente atirantando con algún elemento auxiliar en caso de necesidad. Por su parte, los bizantinos desarrollaron sistemas de refuerzo mediante entramados de madera embebidos en muros de fábrica, ya que todo el Mediterráneo oriental es zona de gran riesgo sísmico. En el caso andalusí está perfectamente documentado que estas mismas técnicas se utilizaron en el alminar de la mezquita de Córdoba, levantado en tiempos de 'Abd al-Raḥmān III (Wulff 2010, 178-183), así como en los tambores de las cúpulas de la ampliación de al-Ḥakam II (Wulff 2010, 288-290). Es por ello plausible asumir que se emplearan refuerzos en las construcciones prácticamente coetáneas de Madīnat al-Zahrā'.

Creemos que estos elementos incorporados a los muros, a su vez, podrían llegar a permitir un estribado autónomo de los pares inclinados en las cubiertas de gran tamaño, funcionando de manera parecida a las soluciones posteriores

de par y nudillo. Además, al disponerse sobre una planta cuadrada, en caso de necesidad sería fácil incorporar tirantes perpendiculares que se cruzarían a niveles diferentes (figura 6). Esto resulta prácticamente inviable en salas rectangulares, por la excesiva longitud de uno de los lados, que en las armaduras tardías se evitará sobredimensionando o atando los estribos con cuadradas, es decir, tirantes cortos dispuestos diagonalmente en las esquinas (Nuere 2003: 116).³

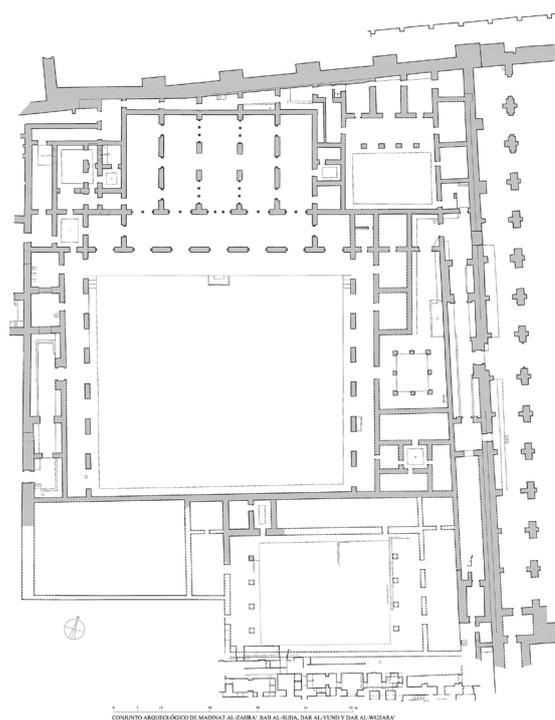
Soluciones formales

*Pluralitas non est ponenda sine necessitate*⁴

Guillermo de Ockham

El módulo de sala y dos alhanías, presente en ambientes domésticos, se repite sistemáticamente en las estructuras más representativas e importantes del conjunto (figura 7):

Figura 7. Levantamiento de la zona oriental del complejo palatino, con el Salón Basilical y las dos puertas comentadas en el texto. Plano de Antonio Almagro (RABASF, AA-108_24).



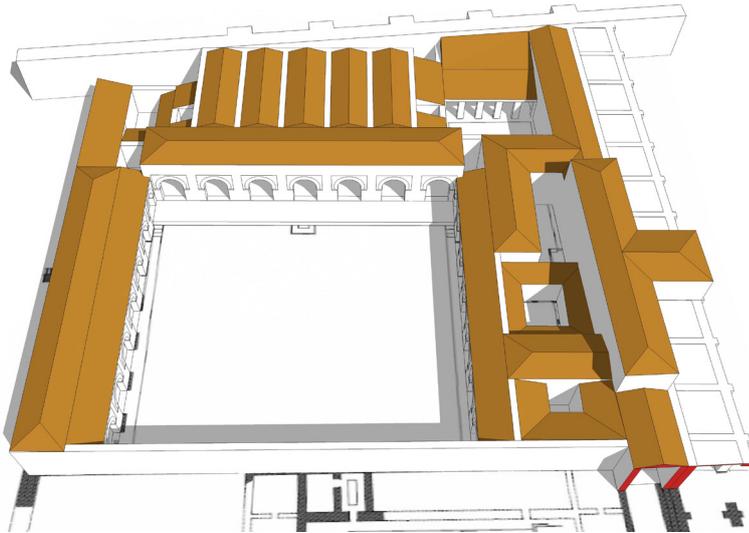


Figura 8. Restitución hipotética de las pendientes de las cubiertas de la zona oriental del complejo palatino. Elaboración propia. Se ha tomado una proporción 2:1 para los pórticos y 5:3 para las crujías principales y el nártex del Salón Basilical.

Figura 9. Restitución de la fachada de la Casa de la Alberquilla, según Antonio Almagro (RABASF, AA-108_i81). Puede observarse que se ha optado por la solución de cubierta unitaria.



los pórticos del Salón Rico y el Salón Basilical, que servían para las recepciones, y las puertas de ingreso principales. En la Bāb al-Sudā', o acceso oriental, recientes excavaciones han puesto de manifiesto la importancia de una estructura de la fase II (944-948 d.C.) interpretada como la base de una sala de audiencias situada en el primer piso, como las que hay en muchos palacios de Oriente (Arnold 2019: 316-317). Otra estructura similar pudo existir en un segundo vestíbulo tras el pórtico oeste del patio frente al Salón Basilical (Arnold 2019: 330). Hay también restos de una construcción parecida al este del Salón Rico, correspondiente a la fase más primitiva del jardín y compartimentada posteriormente (Vallejo 2010: 473).

Para todos estos casos creemos que las alhanías cuadradas no presentaban un tejado piramidal con un volumen propio,

aunque sí podrían haber sido aprovechadas estructuralmente para contribuir al atirantado lateral de una cubierta única de pabellón, a cuatro aguas. Descartamos la separación de tejados a partir de algunos detalles compositivos, como el tratamiento indiferenciado de los siete arcos en el frente del nártex del Salón Basilical, en cuyos extremos hay sendas estancias cuadradas, flanqueadas a su vez por patios de servicio (uno de ellos destinado a letrinas). Los dos pórticos perpendiculares del patio principal son menos profundos y se cubrían probablemente a una vertiente, ya que contaban con construcciones de mayor altura detrás (figura 8). Es por ello, si nuestra hipótesis es cierta, que no necesitaban rematarse con habitaciones cuadradas. Esta misma explicación se puede aplicar al Pabellón Central del Jardín Alto cuya fachada, aparentemente semejante a la del Salón Rico, se puede resolver sin alhanías por ser un pórtico de anchura moderada y que se puede cubrir a un agua, ya que queda por debajo del volumen central.

Inciendo en la idea de la preferencia por las cubiertas unitarias, cabe señalar la diferente distribución de los dos pabellones simétricos de la Casa de la Alberquilla. El occidental presenta unos largos y estrechos pasadizos laterales mientras que el oriental tuvo en origen alhanías cuadradas, que finalmente también se convirtieron en pasos (Vallejo 2013: 334-336).⁵ Unas cubiertas fragmentadas según la disposición de las habitaciones inferiores habrían roto la armonía del conjunto (figura 9).

Vayamos ahora a los esquemas de doble y triple crujía. En la arquitectura andalusí posterior, las estructuras se resuelven generalmente como un cuerpo principal con la sala y las alhanías, precedido de un pórtico de menor profundidad. La cubierta suele ser a cuatro aguas en la zona posterior, más alta, prolongándose con un faldón que queda encajado entre los muros del patio. Hay precedentes ya a finales del período califal, como en el palacio excavado en el Plan Parcial de RENFE, en Córdoba (Arnold, 2009-2010), el de Belyuneš, en Ceuta (Terrasse 2001: 95) o el de la calle Fuensanta, en Murcia (Bernabé y Domingo 1993). Sin embargo, los edificios de Madīnat al-Zahrā' presentan crujías iguales (Casa de la Alberquilla) o prácticamente iguales (Dār al-Mulk y Casa del Patio de Pilares), lo que probablemente ha llevado a pensar en una duplicación de las cubiertas, con un canalón intermedio.

Podemos rebatir esta teoría partiendo del pabellón occidental de la Casa del Patio de Pilares (figura 10), donde Almagro sí propone una cubierta a dos aguas (RABASF, AA-108_45), seguramente por estar adosado a una caja de escalera que asciende a un nivel superior. En nuestra opinión, sin embargo, su volumen sería bastante más elevado y permitiría la circulación perimetral en todo el claustro alto que, a su vez, tendría menor altura, en la línea de la propuesta de Vallejo (2010: fig. 49). Siguiendo a este último autor, consideraremos que cada una de las tres alas de los salones se cubre a dos (o cuatro) aguas, y que uno de los faldones se extiende sobre el claustro. En el caso del pabellón occidental hemos adoptado la misma solución, pero prolongando además el faldón posterior para cubrir las estancias traseras (figura 11). Las anchuras de estas dos crujías coinciden con las de la Dār al-Mulk⁶, por lo que las alturas pudieron ser similares.⁷

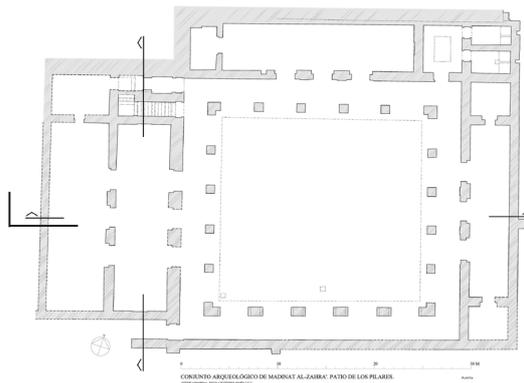


Figura 10. Planta de la Casa del Patio de Pilares, según Antonio Almagro (RABASF, AA-108_44).

exactamente la misma altura. Si bien no se puede descartar la hipótesis de dos cubiertas de pabellón paralelas con canalón intermedio, la idea del tejado único a cuatro aguas es perfectamente viable con lo visto anteriormente. En la Casa del Patio de Pilares hay ya una voluntad de simplificar y se emplea un faldón único para una crujía de 6 metros. También hay un estrecho paso lateral, como

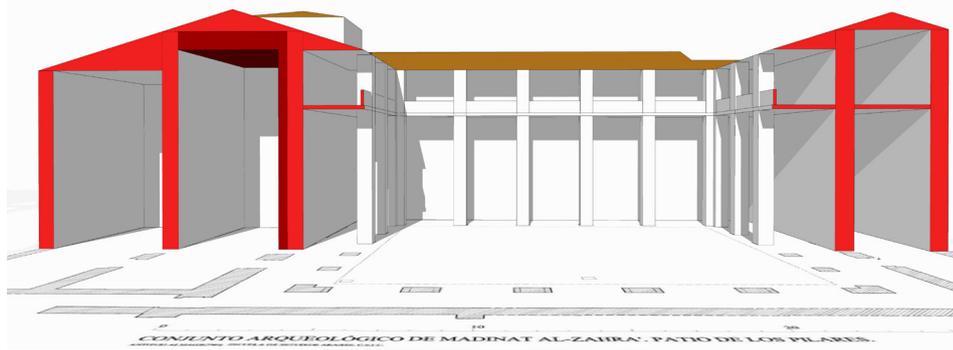


Figura 11. Restitución esquemática de los volúmenes de la Casa del Patio de Pilares, a partir de las alturas propuestas por Vallejo (zona oriental) y el uso de las proporciones 2:1 y 5:3 para el pabellón occidental. Elaboración propia. Se ha marcado con tono más oscuro en la sección el reguesamiento del muro y su repercusión en la altura de la sala.

El frente sur de este pabellón se veía desde la lejanía, por lo que sería razonable buscar una línea de cornisa uniforme, cubriendo a cuatro aguas. Para poder ejecutar un faldón lateral, es necesario contar en el testero con habitaciones de la misma anchura que la crujía posterior, que absorberán la diferencia de altura. Esto ocurre en la Dār al-Mulk, pero no en la Casa del Patio de Pilares, donde únicamente hay un paso lateral (probablemente cubierto) que ocupaba la mitad de esta anchura. Esto supone que el tejado debe empezar a descender en el ámbito de la sala. Para “corregir” este problema se bajaría el techo de la misma, pero si se mantienen las proporciones no hay más remedio que reducir también la anchura. Esta es, probablemente, la explicación del anómalo reguesamiento del muro de fachada (figura 12).

Un caso diferente es el de la Casa de la Alberquilla (figura 13), donde únicamente existen dos crujías que, además, presentan

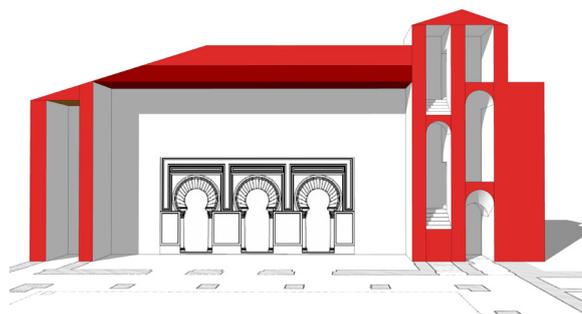
los de la Casa de la Alberquilla, que tal vez ayudaba a un atado a cota de cornisa.

Aritmética, geometría y módulo en arquitectura

*Ἀγεωμέτρητος μηδεις εἰσιτω*⁸ (Inscripción en el frontispicio de la Academia de Atenas.)

Son varios los autores que se han dedicado, desde el siglo XIX, al estudio de las proporciones y los trazados reguladores en arquitec-

Figura 12. Restitución esquemática de la sección transversal del pabellón occidental de la Casa del Patio de Pilares, con indicación en un tono más oscuro del nivel “corregido” del techo, proporcionado al reguesamiento del muro de fachada. Elaboración propia.



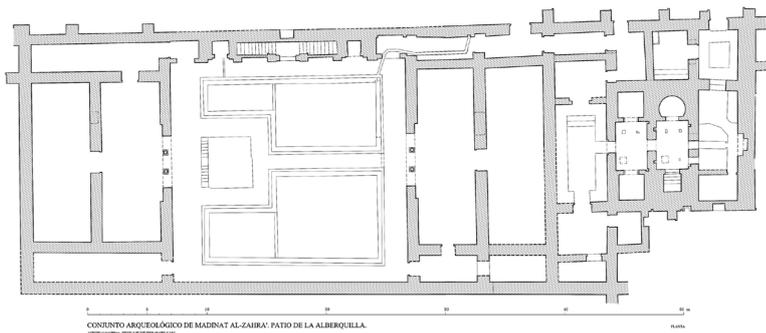
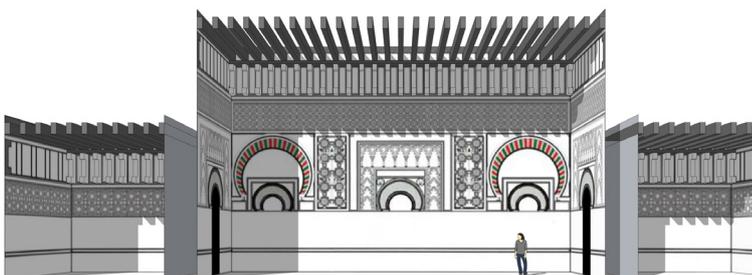


Figura 13. Planta de la Casa de la Alberquilla en su segunda fase (con las alhánias cuadradas del pabellón occidental ya transformadas en corredores), según Antonio Almagro (RABASF, AA-108_40).

tura (Roldán 2013: 81 et ss.). Frente a algunas propuestas del siglo XX, a veces bastante forzadas, recordamos la postura decimonónica de Choisy (1977, 211), quien ya identificó las sencillas relaciones entre números enteros en la arquitectura egipcia y griega.⁹ Tras una cierta proliferación de sistemas geométricos durante la Edad Media, en el siglo XV Leon Battista Alberti recuperará la preferencia por las proporciones conmensurables, inspirándose en el Timeo platónico y vagas alusiones vitruvianas al empleo de “figuras diseñadas según las reglas de la música”, corroboradas implícitamente en muchos de los ejemplos propuestos por el arquitecto romano (Esteban 2001, 237-238). Las teorías musicales serían retomadas y perfeccionadas por otros tratadistas posteriores, como Serlio o Palladio, estableciendo fórmulas concretas para proporcionar de manera armónica las estancias en sus tres dimensiones (Girón 2000, 376-377).

Hay relaciones geométricas, como $\sqrt{2}$ o $\sqrt{3}$, el número de oro (ϕ) o la llamada “proporción cordobesa”, que son fáciles de definir con regla y compás sobre un plano, pero después deben trasladarse a la obra y eso no es tan sencillo. Es muy probable que dentro del mundo andalusí se emplearan para ordenar elementos decorativos de geometrías complejas, como han propuesto ya diversos autores, pero somos escépticos respecto a algunas aportaciones recientes, que proponen su utilización en el dimensionado de plantas con habitaciones prismáticas (Riobóo 2016). Para estos casos,

Figura 14. Palacio de la Aljafería. Volumen de los salones, reelaboración propia a partir de la planimetría publicada por Cabañero y Lasa (1993).



en la práctica resulta más operativo manejar relaciones entre números enteros, que es lo que vamos a trabajar aquí.¹⁰

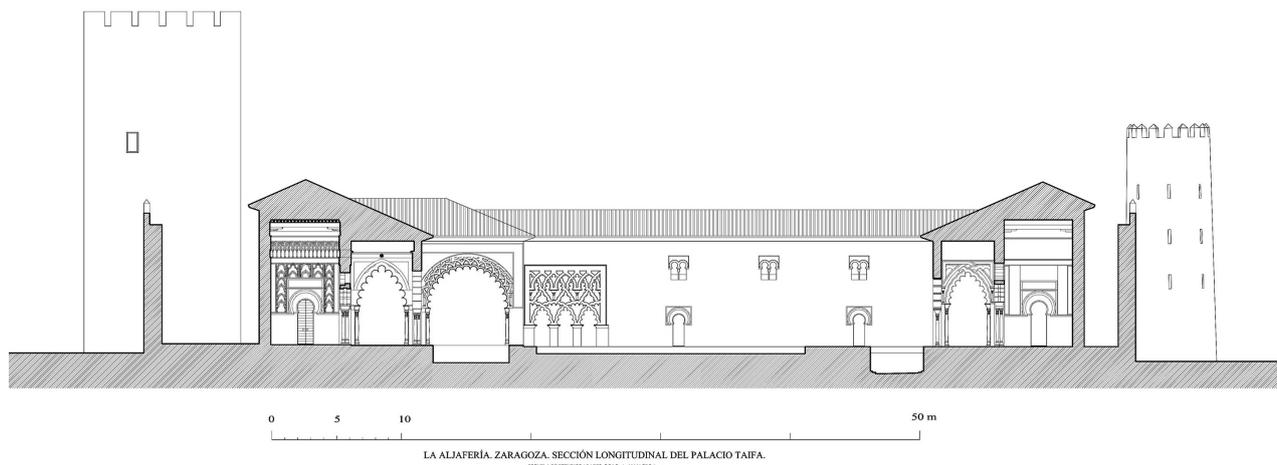
Huelga decir que en la arquitectura histórica estos números no se corresponden con la métrica actual, sino con los patrones con que fueron proyectados y construidos los edificios. En el mundo andalusí se trabajó con el módulo del codo, cuyo valor concreto es bastante disperso, tanto geográfica como cronológicamente (Vallvé 1976). Para el período que nos ocupa, Félix Hernández propuso que en la mezquita de Córdoba se utilizaron dos patrones, el codo má'mūnī «con exacta equivalencia» de 47,14 cm, y el codo raššāsī de 58,93 cm (Hernández 1961, 44-45). Sin embargo, en los edificios que hemos analizado parece funcionar mejor el codo raššāsī descrito por Ibn Luyūn, de 58,7 cm (Ibid.). En todo caso, al estar trabajando con proporciones, el patrón concreto adoptado no va a tener una trascendencia decisiva.¹¹

La proporción 3:5 en el palacio de la Aljafería

La euritmia es el bello y grato aspecto que resulta de la disposición de todas las partes de la obra, como consecuencia de la correspondencia entre la altura y la anchura y de estas con la longitud, de modo que el conjunto tenga las proporciones debidas (Vitruvio, L.I, cap. II).

¿Sabían los arquitectos de la Córdoba califal cómo trabajar las proporciones de las salas más representativas vinculando la altura a las dimensiones de planta, como proponía Vitruvio? Lo más probable es que sí. En todo caso, aunque vamos a tratar sobre un fenómeno observado inicialmente en Madinat al-Zahrā', comenzaremos hablando del Salón Dorado del palacio de la Aljafería, en Zaragoza. Construido durante el reinado de Abū Ya'far Ahmad Sulaymān al-Muqtadir bi-llāh (1046/1047-1081), es decir, un siglo después del complejo palatino cordobés, a pesar de sus innovaciones decorativas y compositivas todavía presenta arcaísmos de origen califal, como la triple entrada en la sala principal y el diseño espacial basado en visuales trazadas mediante triángulos equiláteros (Arnold 2017, 165-172).

Se ha trabajado con la planimetría del salón principal y sus decoraciones murales publicada por Cabañero y Lasa (1993: 113), donde se pueden contrastar las tres dimensiones a la misma escala. A partir de ahí hemos medido¹² 5,3 x 14,6 metros, y 8,9 metros de altura hasta la base de los



durmientes del alfarje (figura 14). El cociente entre los dos primeros valores es aproximadamente 2,75, lo que equivale a multiplicar dos veces por 5/3. Esta relación es lo que musicalmente se define como una sexta mayor, pero también puede entenderse como una aproximación al número de oro, pues 5/3 es 1,666... y el valor de ϕ es 1,618...¹³ La relación 3:5 no se encuentra como tal en las plantas de Madīnat al-Zahrā', aunque aparece definiendo los patios de la Alcazaba de Almería, así como en al-Manṣūriya y Qal'at Banī Hammād, en Túnez y Argelia respectivamente (Arnold 2017, 159). El tratadista italiano Leon Battista Alberti tampoco recoge expresamente la sexta mayor entre las proporciones armónicas inspiradas en la Antigüedad, siendo Palladio (Libro I, Cap. XXI) el primero en incluirla al exponer las siete formas bellas para las habitaciones.¹⁴

Sin embargo, en la Aljafería no tenemos una relación 3:5, sino una doble proporción de sextas mayores para las dos dimensiones en planta de una estancia (ancho y profundo). A partir de ahí podríamos suponer que la tercera dimensión (altura), con una longitud intermedia, responderá a las mismas reglas. Es lo que en matemáticas se denomina una media geométrica, según Palladio uno de los tres modos de proporcionar una habitación (Libro I, Cap. XXIII). Con los valores comentados anteriormente para la Aljafería, si completamos esta serie, la dimensión intermedia debería ser de 8,8 metros.¹⁵ Dejando de pensar en metros actuales y planteando como patrón el codo raššāsī de 58,7 cm, obtendremos unas dimensiones modulares de 9 x 25 x 15 codos, lo que implica el uso de la proporción 3:5 en una progresión geométrica 9 – 15 – 25.¹⁶

En cuanto a las alhánias que flanquean este salón, la proporción original sería de 1 a 1 entre la anchura y la altura de la estancia,

quedando sobre el techo un vacío en el que a finales del siglo XIV se introdujo una cúpula de mocárabes ejecutada en madera (Cabañero y Lasa 1993: 82). Sobre la Aljafería existe una restitución de la sección longitudinal dibujada por Antonio Almagro (RABASF, AA-201_04) que propone una altura algo mayor, si bien no tiene en cuenta la particular solución de ménsulas verticales, que sí considera Cabañero.¹⁷ En todo caso, Almagro (figura 15) también nos ofrece una proporción aproximada de 1:1,7 -que viene a ser prácticamente la propuesta de 3:5- para el pórtico, donde los restos conservados son más evidentes.

La proporción 3:5 en Madīnat al-Zahrā'

En algunos de los edificios principales de Madīnat al-Zahrā' como la Dār al-Mulk, la Casa de la Alberquilla, el Salón Rico o el Pabellón Central del Jardín Alto, la estancia principal (o el nártex, en el caso del Salón Rico) presenta una relación entre su anchura y su profundidad de aproximadamente 2,7 o 2,8. Como hemos visto, se trata de un valor poco significativo en sí mismo, si no tenemos en cuenta que 2,777 es el resultado exacto de dividir 25/9, es decir, 5/3 x 5/3. Tal vez no sea casualidad que los cuatro edificios citados sean respectivamente las residencias y los salones de trono del poderoso califa 'Abd al-Raḥmān III y de su hijo, el príncipe heredero al-Ḥakam (Vallejo 2016).

En el caso de la Dār al-Mulk, las medidas de la sala principal en planta son de unos 6,2 x 17,3 metros, según hemos calculado sobre el plano a escala (figura 16). Aplicando el patrón del codo raššāsī de 58,7 cm, obtenemos unas dimensiones de proyecto aproximadas de 10,5 x 29,5 codos. El cociente en este caso es de 2,8, algo mayor que en la Aljafería. Si aplicamos la progresión expuesta antes,

Figura 15. Palacio de la Aljafería. Restitución de la sección original, según Antonio Almagro (RABASF, AA-201_04).

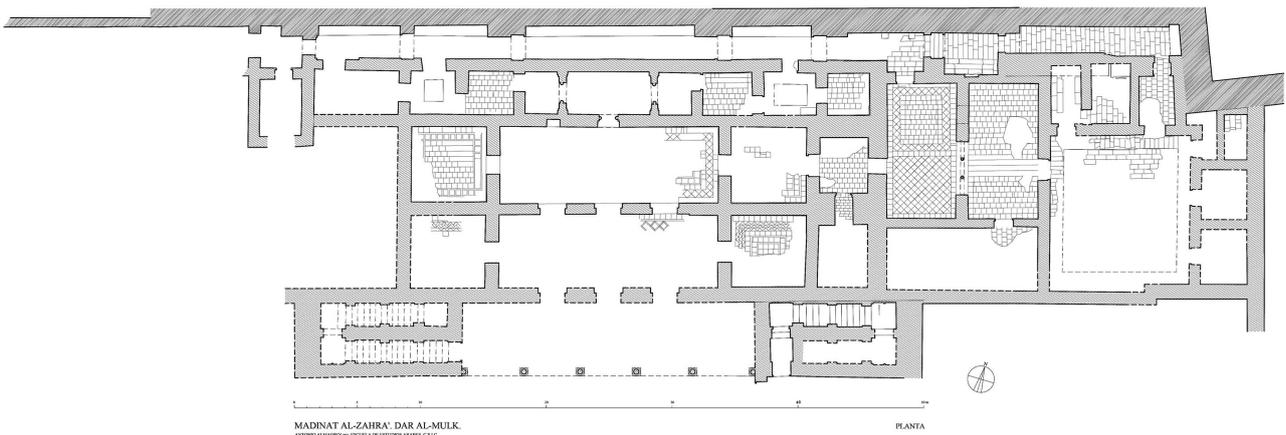


Figura 16. Planta de la Dār al-Mulk, según Antonio Almagro (RABASF, AA-108_38).

tendríamos 10,5 - 17,5 - 29,17, pudiendo redondearse este último valor como 29 o como 29,5, de cara a la puesta en obra.

La Casa de la Alberquilla debió ser la residencia del príncipe heredero al-Ḥakam (Vallejo 2016, 437-440). Aquí nos centramos en el pabellón occidental, que presenta la alberca en su frente, pues es el único donde conocemos con seguridad la disposición original y se cumplen las proporciones descritas (figura 13). Tanto la sala como el pórtico tienen una anchura de 13,5 metros y una profundidad de unos 4,9 o 5 metros, que corresponden respectivamente a 8,5 y 23 codos, es decir, los extremos de la serie 8,5 - 14,17 - 23,61 (8,5 - 14 - 23 si redondeamos a la baja antes de cada multiplicación).

las alhanías que flanquean el nártex (12 x 11,5 codos) le falta precisamente medio codo para ser un cuadrado perfecto.

En el Pabellón Central del Jardín Alto únicamente se encontraron las zanjas de cimentación (Pavón 2018: 2-4), por lo que la medición es más problemática. Dados los paralelismos con el Salón Rico, parece razonable descartar las pequeñas variaciones existentes y asumir que las dimensiones del espacio central coincidirían en ambos casos. Podemos así establecer un ancho de 11 codos para una profundidad de 30, algo que se aproxima bastante a los valores de la terna 11 - 18,33 - 30,55 (11 - 18 - 30 si redondeamos a la baja antes de multiplicar). En cuanto al pórtico, apenas aparecieron restos del muro de fachada, por lo que se desconocen sus dimensiones exactas, si bien suele haber consenso en no darle una profundidad excesiva.

Hemos buscado estas mismas relaciones en otros edificios, pero no parece haber -aparte de la Aljafería- continuidad en la arquitectura andalusí posterior, lo que quizá explicaría que esta regla haya pasado desapercibida hasta ahora.

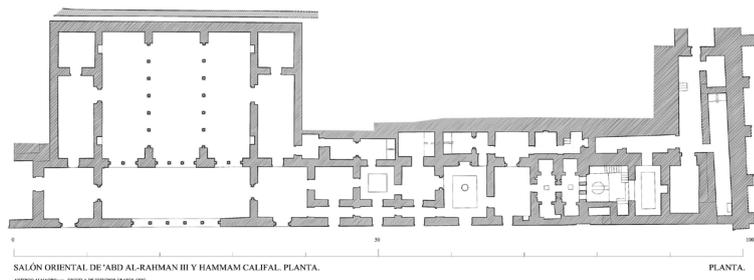


Figura 17. Planta del Salón Rico, según Antonio Almagro (RABASF, AA-108_32).

En el salón oriental se mantienen las profundidades, pero el ancho no se ajusta igual, quizá por ser fruto de la reforma comentada.

En el Salón Rico las dimensiones del nártex son de unos 7,0 x 20,5 metros (figura 17). Tomando como módulo el mismo codo raššāsī, tenemos 12 x 34,5 codos. En este caso, la progresión canónica sería de 12 - 20 - 33,33, pudiendo asimilarse este último valor a 33,5. Hay una diferencia de un codo con los valores reales, que puede explicarse por un ajuste de proyecto: la central de las naves posteriores presenta exactamente un codo más de anchura que las laterales, y a cada una de

Relaciones secundarias en torno a la proporción 3:5 en el Salón Rico

Continuamos con el Salón Rico, donde las relaciones entre las distintas crujías son más evidentes (figura 17). Tenemos una anchura de 10 codos¹⁸ para las naves laterales y 11 para la central, con una profundidad de 30 codos. La pieza del nártex mediría 12 x 34,5 codos, y las alhanías 12 x 11,5 codos. Por su parte, las crujías con estancias menores que flanquean las naves laterales tienen una anchura de 8,5 codos. Vamos ahora a proponer para cada ancho de crujía una relación de altura de 3:5 y otra de 1:2.

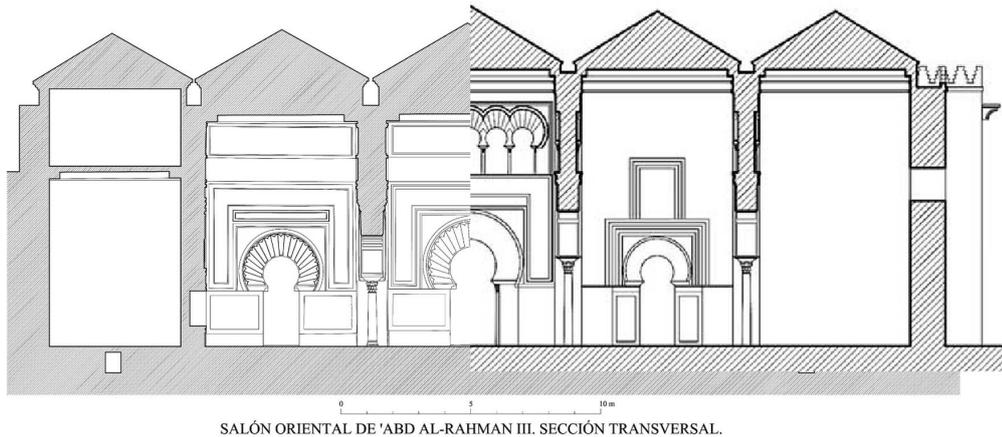


Figura 18. Comparación de las secciones del Salón Rico (izq.) y la propuesta de Antonio Almagro para la mezquita de Madīnat al-Zahrā' (dcha.). Reelaboración propia, a partir de los dibujos de Antonio Almagro (RABASF, AA-108_23 y AA-108_35).

- $8,5 \times 5/3 = 14,17$ - $8,5 \times 2 = 17$
- $10 \times 5/3 = 16,67$ (17) - $10 \times 2 = 20$
- $12 \times 5/3 = 20$ - $12 \times 2 = 24$

Aplicando un pequeño redondeo en el valor de 16,67, se establecen puentes entre ambas series, lo que sugiere que la anchura adoptada para las diferentes crujías quizá no sea casual. La elección que hemos hecho de proporcionar las alturas en base a 3:5 y 1:2 es intencionada, porque son relaciones simples y la diferencia implica un rectángulo de altura igual a un tercio de su base, en el que se puede encajar un único faldón de cubierta inclinado con pendiente de un 30%.¹⁹ Necesitamos solo la mitad de esta altura para atestar una cubierta a dos aguas contra un cuerpo perpendicular, pero las ménsulas que soportan el alero del tejado superior también ocupan sitio, por lo que aplicar la misma relación también es razonable.

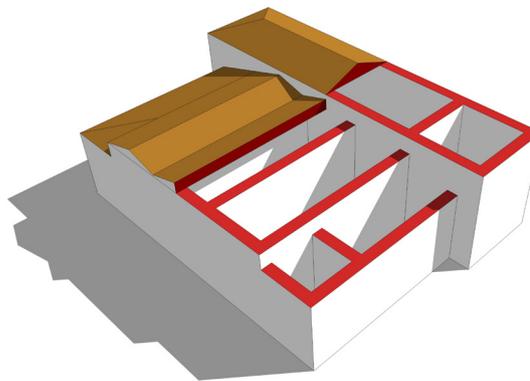
¿Puede ser todo esto una mera casualidad? Tal vez, pero si el Salón Rico se hubiera resuelto enteramente a la misma cota, como en la propuesta de Félix Hernández, lo lógico hubiera sido homogeneizar las crujías. Esto último sí ocurre con las naves laterales, las estancias externas y el nártex en el caso del Salón Basilical, o con las dos salas paralelas de la Casa de la Alberquilla. Por el contrario, una mayor diversidad planimétrica sugiere una volumetría más compleja.

La nave central queda descartada de estas operaciones, porque su altura se igualaría a la de las naves laterales, como ocurre en las salas de oración de las mezquitas de Córdoba o Tremecén. En esta última, las anchuras escogidas permiten que tanto la nave principal como las laterales respondan a unas proporciones sencillas. En nuestro caso también, porque en los lados tenemos una relación 3:5, con 10 codos de ancho y 16,67 de alto, mientras que en la central las proporciones serían de 1:1,5 (11 codos de ancho y

16,5 de alto). Nuestra propuesta implica una esbeltez mayor que en los ejemplos citados, pero muy similar²⁰ a la manejada por Antonio Almagro en su restitución de la mezquita de Madīnat al-Zahrā' (RABASF, AA-108_23), cuyas naves tienen exactamente la misma anchura que las del Salón Rico (figura 18).

Por otro lado, nuestra propuesta (figura 19) otorga algo más de altura al nártex que la reconstrucción actual, lo que permite incorporar ventanas altas que justificarían los abundantes restos de celosías aparecidos durante la excavación. Félix Hernández barajó la colocación de ventanas en alguno

Figura 19. Propuesta de volumetría esquemática del Salón Rico, establecida a partir de la proporción 5:3. Elaboración propia.



de sus tanteos iniciales, aunque lo desestimó totalmente tras adoptar la altura definitiva del edificio (Vallejo 1995, 34).²¹

Precedentes tipológicos en la arquitectura visigoda y emiral

En su conferencia de ingreso en la Real Academia de San Fernando, Antonio Almagro (2008: 22-23) proponía la existencia de antecedentes hispánicos que explicarían, más que la influencia oriental, la planta característica de los palacios andalusíes. Los referentes a los que aludía son relativamente tardíos: el supuesto

palacio de Teodomiro en el Pla de Nadal (Ribarroja, Valencia), fechable en la primera mitad del siglo VIII y la iglesia de Santa María de Naranco (Oviedo), antigua residencia de Ramiro I, que se terminó en el año 842. En el caso asturiano se puede confirmar una continuidad gracias al yacimiento de Los Hitos de Arisgotas (Orgaz, Toledo), anterior a la segunda mitad del siglo VII (Barroso, Morín y Sánchez 2015: 42-49). Realmente, el origen de la tipología de la sala paralela a la fachada, con cuerpos laterales anexos, es todavía un misterio, aunque parece quedar definido en el siglo VI (Arnold 2017: 29-30).

Por otro lado, la práctica ausencia de construcciones significativas erigidas durante las primeras décadas de ocupación islámica estaría encubriendo la reutilización de las estructuras existentes previas a la conquista, algo bien documentado en el caso de Córdoba, donde inicialmente se ocuparon los antiguos palacios visigodos (León 2006; Arnold 2017: 17). Será con 'Abd al-Raḥmān I y sobre todo con 'Abd al-Raḥmān II cuando se introduzcan formas y tradiciones orientales, si bien determinadas tipologías en uso pudieron sobrevivir.

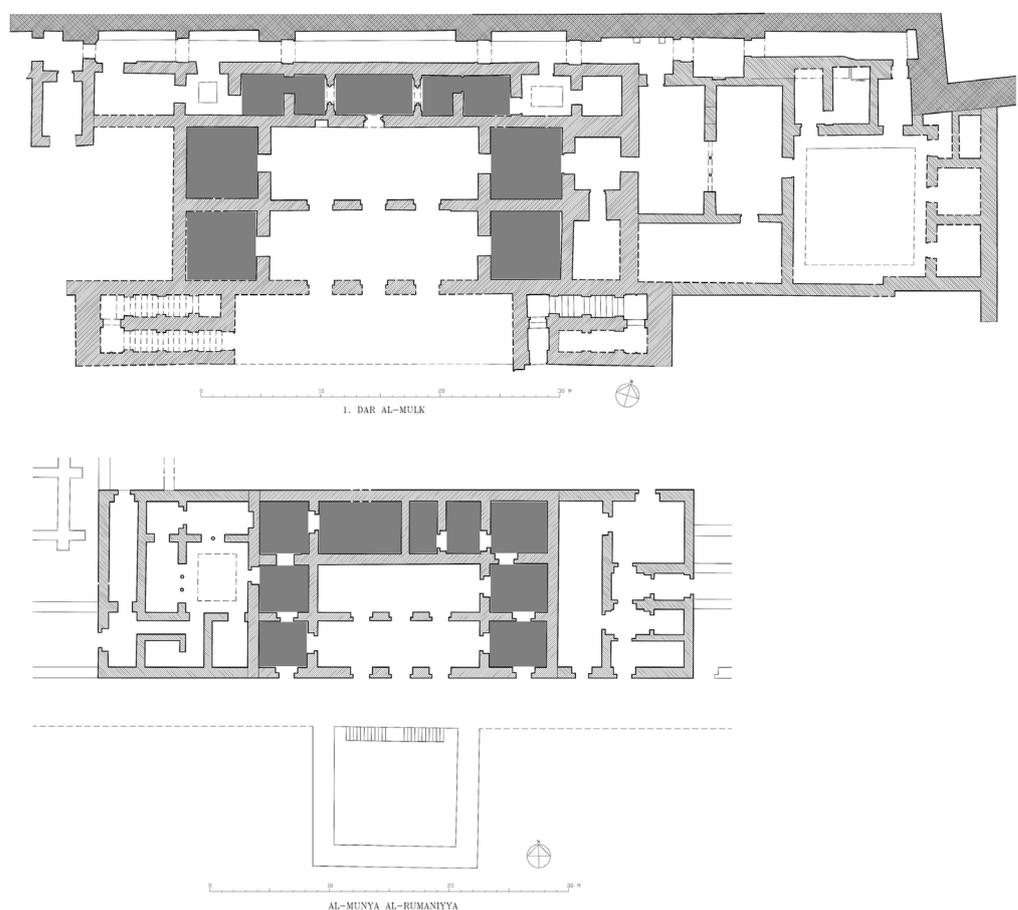
Una nueva propuesta volumétrica y funcional para la Dār al-Mulk

Podemos entender el palacio andalusí como una versión adaptada de las antiguas residencias visigóticas de dos plantas y sala paralela a fachada con alhanías (Escrivá et alii 2015). Las costumbres orientales de la nueva clase dirigente habrían llevado a establecer el uso dominante en la planta baja, por lo que el piso alto quedaba inutilizado y el forjado acabó suprimiéndose, derivando de ello los elevadísimos y desproporcionados ambientes propios de la arquitectura andalusí. Las alhanías laterales estaban destinadas a dormitorio, por lo que no requerirían de tanta altura, siendo fácil mantener el nivel superior como algarfas o dormitorios de verano, más frescos y ventilados.

En la Dār al-Mulk, las dos escaleras de fachada permitirían el acceso a estas habitaciones altas, que quedaban comunicadas por la estrecha crujía posterior. De hecho, la reducida dimensión de este tránsito, de 6 codos, permitía aplicar la proporción canónica de 3:5 en planta baja y alcanzar exactamente la cota del primer piso, a 10 codos.

Un esquema de conexión parecido lo encontramos en la almunia de al-Rummaniyya, construida hacia el año 965/966 por un tesoro de al-Ḥakam II (Arnold, Canto y Vallejo 2008). En este caso las tres crujías son iguales

Figura 20. Plantas de la Dār al-Mulk y al-Rummaniyya, según Antonio Almagro (RABASF, AA-108_46). Se han marcado en gris las zonas donde suponemos que existiría un segundo nivel, a modo de entreplanta.



y la escalera se sitúa en la habitación noroeste (figura 20).

Hemos restituido la elevación del salón principal de la Dār al-Mulk en base a la relación 3:5 (figura 21). Sin embargo, la crujía que le precede presenta medio codo menos que la sala principal (10 codos frente a 10,5), diferencia aparentemente insignificante, pero suficiente como para sospechar que su altura se pudo proyectar con un criterio distinto. Además algunas restituciones, como la de Antonio Almagro, han propuesto la existencia de una arcada entre las dos cajas de escalera en fachada y, de hecho, la posición de las tres puertas documentadas es compatible con un pórtico de cinco vanos iguales.

De todo ello podemos deducir que la crujía de 10 codos podría haberse proyectado con una altura en relación 2:1 a la anchura, proporción que encontramos en las salas nazaries, pero también en el palacio taifa del Patio de Banderas de Sevilla (Vargas 2019). Cubriendo a dos aguas con una pendiente del 30% y prolongando el faldón posterior tenemos la sala trasera definida en altura por una proporción de 3:5. Pero el arquitecto de la Dār al-Mulk, no contento con ello, habría ido más allá al reajustar las tres dimensiones de la estancia más representativa dentro de una progresión geométrica, convirtiéndose así en un arquetipo de perfección que se trasladó a los otros edificios vinculados directamente al uso del califa o del príncipe heredero.

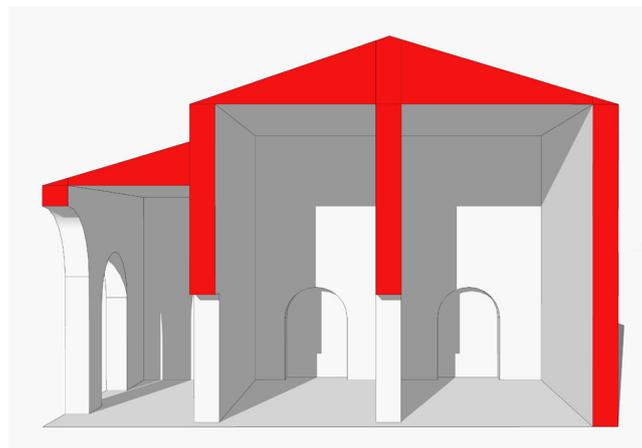
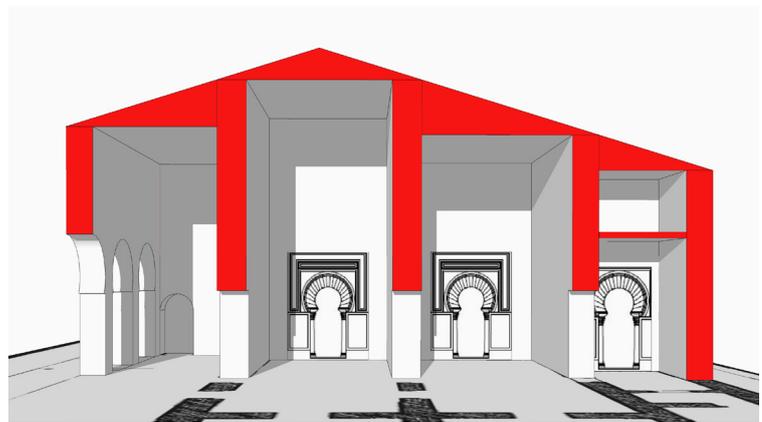
El esquema propuesto presenta el inconveniente de que el vestíbulo, proveniente de una estructura de dos plantas, es más alto que el salón al que precede. De hecho, con el tiempo realmente desaparecerá el segundo salón. Un ejemplo de transición lo tenemos en el anónimo palacio califal denominado del Plan Parcial de RENFE, en Córdoba. Del edificio solamente se conservan las cimentaciones, por lo que nos hemos basado en la planimetría y restituciones publicadas por Arnold (2009-2010). Tras la crujía del salón principal (10 codos mā'mūnī), existe otra de dimensión aún mayor (12 codos mā'mūnī) recayente a un patio posterior y, curiosamente, está cortada para ubicar una alberca. Creemos que en origen se plantearon dos grandes crujías para alojar sendos salones principales, pero dándoles una altura similar. Prueba de ello sería que si aplicamos a la de 12 codos una altura equivalente a 5:3 de su ancho, obtenemos 20 codos, exactamente el mismo valor de aplicar a la crujía principal, de 10 codos, una altura en proporción 2:1 (figura 22). Sin embargo, en la ejecución final se introdujeron modificaciones que supusieron

prescindir de esta duplicidad de espacios. De hecho, la triple crujía no la volveremos a encontrar en la arquitectura andalusí, pero sí en la cristiana por tradición mudéjar (Palacio de Galiana en Toledo o Palacio Gótico en el Alcázar de Sevilla).

Conclusiones

A lo largo de estas páginas hemos visto que los edificios representativos de Madīnat al-Zahrā' se cubrieron probablemente con tejados a cuatro aguas abarcando una o dos crujías completas. En las estructuras de cierto tamaño, los faldones laterales tal vez requerían un segundo atirantado perpendicular, que se pudo llevar a cabo aprovechando la compartimentación de las alhanías o, en

Figura 21. Propuesta de sección de la Dār al-Mulk, establecida a partir de la proporción 5:3 y 2:1. Elaboración propia.



su ausencia, disponiendo muros adicionales que creaban bandas estrechas usadas como pasos laterales.

Por otro lado, hay múltiples indicios de que los principales edificios del conjunto palatino presentaron salas de aparato proporcionadas según una progresión geométrica basada en la relación 3:5. El valor se aproxima a la Proporción Áurea, aunque su aplicación

Figura 22. Propuesta de sección esquemática del palacio califal denominado del Plan Parcial de RENFE, establecida a partir de la proporción 5:3 y 2:1. Elaboración propia (No descartamos un faldón continuo sobre el pórtico, tal vez con un paso alto.)

podría justificarse también por razones prácticas y funcionales, ya que es posible jugar con las relaciones de 3:5 y 1:2 para disponer faldones inclinados con una pendiente de un 30%.

Se trata de cuestiones menores, pero creemos que de alguna trascendencia para los que nos interesamos por la Historia de la Arquitectura y la Historia de la Construcción. Esperamos haber contribuido a avanzar un poco en el conocimiento del mundo califal y que la heterodoxa forma de investigación aquí desarrollada pueda ser aplicada en el futuro a otros casos similares.

Notas

- 1 Hablamos de restituciones propuestas por grandes expertos, como Vallejo (Montilla y Vallejo 2012), Almagro (2011) o Arnold (2009-2010; 2019), claramente herederas de las decisiones tomadas por Félix Hernández.
- 2 Realmente las cubiertas originales tendrían una pendiente incluso menor, de aproximadamente un 30%, como demuestra Wulff (2010, 287), por lo que no se produciría ninguna interferencia entre las cubiertas y las ventanas de las linternas cupuladas.
- 3 No obstante, hay ejemplos de armaduras de gran luz, como el citado Cuarto Real de Santo Domingo en Granada, del siglo XIII, resueltas sin cuadrales.
- 4 "La pluralidad no se debe postular sin necesidad". Es el principio de la navaja de Ockham.
- 5 La duplicidad de los dos volúmenes es característica de la arquitectura palaciega abbasí y se suele vincular con un uso de temporada, si bien en este caso las diferencias planimétricas sugieren dos usos diferentes (Vallejo 2010: 468).
- 6 Siempre que obviemos el forzado regruesamiento del muro de fachada.
- 7 Aplicando aquí las proporciones de 2:1 y 5:3 que trataremos más adelante, tenemos un error de unos 50 cm sobre más de 12 metros con respecto a la altura propuesta por Vallejo para los otros salones, que también es hipotética. No es mucho, si tenemos en cuenta el doble margen de incertidumbre existente.
- 8 Aquí no entra nadie que no sepa geometría.
- 9 De hecho, es lo más razonable cuando no se trabaja con formas circulares o poligonales, ni se requiere controlar con precisión la sección en estructuras abovedadas.
- 10 Existe una interesante propuesta sobre el trabajo con escuadras (Roldán 2013, Jiménez 2015) que podría justificar el uso simultáneo de dos módulos diferentes. Este hecho podría explicar el aparente cambio de patrón métrico que se detecta al contrastar longitudes de estancias y anchos de vano, por ejemplo. No entraremos en ello, porque vamos a trabajar siempre sobre dimensiones generales de las habitaciones.
- 11 De hecho, puede comprobarse que la relación entre los dos codos propuestos por Félix Hernández es exactamente de 1,25, por lo que realmente podría tratarse del mismo patrón.
- 12 Se ha redondeado porque la escala del plano no permite un ajuste muy preciso, si bien por el texto confirmamos con seguridad que la anchura es de 5,28 metros.
- 13 No obstante, la aproximación más cercana a la sección áurea es la sexta menor de 8/5, con valor 1,6.
- 14 La sexta mayor no se introduce en la teoría musical europea hasta el siglo XVI, gracias a Gioseffo Zarlino, pero ya está presente entre las diez notas del sistema naghām, descrito por Ibn al-Munajjim en el siglo IX (Neubauer 1998: 70-71).
- 15 Hay una diferencia de 10 cm, que podría deberse a un error de medición, porque actualmente existe un forjado intermedio de época cristiana.
- 16 Nótese que esta progresión geométrica difiere sensiblemente de los valores de la Serie de Fibonacci, 3, 5, 8, que todavía no se había desarrollado.
- 17 Almagro interpreta como mecinales de los canes de madera lo que Cabañero considera directamente huecos para las vigas, porque los canes son de yeso.
- 18 Resulta difícil concretar el trazado de esta planta mediante una cuadrícula modulada porque entre los muros hay una gran heterogeneidad de espesores, lo que hace pensar en la actuación coetánea de cuadrillas de procedencia diversa con diferentes patrones métricos. Si es posible obtener individualmente las dimensiones de las distintas habitaciones con cierto rigor.
- 19 Las cubiertas originales de la mezquita de Córdoba tenían una pendiente del 30,42%, según Wulff Barreiro (2010: 287). Una inclinación similar se aplicó en la citada iglesia de San Millán de Segovia (s. XII), resuelta en origen con una techumbre tallada de tipo califal.
- 20 La diferencia es que en su caso la relación propuesta se cumple al tomar la altura únicamente hasta el inicio del friso, mientras que nosotros lo hacemos hasta la base de las vigas.
- 21 Inicialmente planteó una altura de 9,30 m, inspirada en la mezquita de Tremecén y la primera fase de Córdoba. Finalmente le dio 8,70 m, la altura de la ampliación de al-Ḥakam II en esta última.

Bibliografía

- ADAM, Jean Pierre. 2002. *La construcción romana. Materiales y técnicas*. León: Editorial de los Oficios.
- ALMAGRO GORBEA, Antonio. *Fondo de dibujos "Arquitectura de Al-Andalus"*. Madrid: Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (RABASF). (<https://www.academiacolecciones.com/arquitectura/arquitectura-al-andalus.php>)
- ALMAGRO GORBEA, Antonio. 2002. El análisis arqueológico como base de dos propuestas: El Cuarto Real de Santo Domingo (Granada) y el Patio del Crucero (Alcázar de Sevilla). *Arqueología de la Arquitectura*, 1: 175-192. <http://digital.csic.es/>

- handle/10261/19804
- ALMAGRO GORBEA, Antonio. 2008. *Palacios Medievales Hispanos. Discurso del Académico Electo Excmo. Sr. D. Antonio Almagro Gorbea*. Madrid: Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.
- ALMAGRO GORBEA, Antonio. 2011. Una visión virtual de la arquitectura de Al-Andalus. Quince años de investigación en la Escuela de Estudios Árabes. *Virtual Archaeology Review*, 4 (2):105-114.
- ALMAGRO GORBEA, Antonio. 2012 *Planimetría de Madīnat-al-Zahrā'* [Recurso electrónico]. Granada: Real Academia de Bellas Artes de San Fernando -Escuela de Estudios Árabes. https://www.eea.csic.es/noticias-eea/planimetria_almagro_2012/
- ALMAGRO GORBEA, Antonio. 2015. La mezquita mayor de Tremecén y la cúpula de su maqsūra. *Al-Qantara-Revista de estudios árabes*, 36 (1): 199-257. <https://doi.org/10.3989/alqantara>. 2015.007
- ARNOLD, Felix; Canto García, Alberto y Vallejo Triano, Antonio. 2008. La almunia de al-Rumaniyya. Resultados de una documentación arquitectónica. Cuadernos de Madinat al-Zahra, 6: 181-204.
- ARNOLD, Felix. 2009-2010. El edificio singular del Vial Norte del Plan Parcial Renfe. Estudio arquitectónico. *Anejos de Anales de Arqueología Cordobesa*, 2: 247-274.
- ARNOLD, Felix. 2017. *Islamic palace architecture in the Western Mediterranean. A history*. New York: Oxford University Press.
- ARNOLD, Felix. 2019. The evolution of Madinat al-Zahra' as capital city of the ummayyad caliphate. *Madrid Mitteilungen*, 60: 308-337.
- BARROSO CABRERA, Rafael; MORÍN DE PABLOS, Jorge y SÁNCHEZ RAMOS, Isabel M. 2018. *Theudemirus Dux, el último goda. El ducado de Aurariola y el final del reino visigodo de Toledo*. Madrid: Audema.
- BERNABÉ GUILLAMÓN, Mariano y LÓPEZ MARTÍNEZ, José Domingo. 1993. *El palacio islámico de la calle Fuensanta, Murcia*. Murcia: Consejería de Cultura.
- CABAÑERO SUBIZA, Bernabé y Lasa Gracia, Carmelo. 1993. Las techumbres islámicas del palacio de la Aljafería: fuentes para su estudio. *Artigrama: Revista del Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Zaragoza*, 10: 79-120.
- CABAÑERO Subiza, Bernabé y HERRERA HONTAÑÓN, Valero. 2001. Nuevos datos para el estudio de la techumbre de la ampliación de al-Ḥakam II de la mezquita aljama de Córdoba: cuestiones constructivas. *Artigrama: Revista del Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Zaragoza*, 16: 257-284.
- CHOISY, Auguste. 1977 [1899]. *Historia de la Arquitectura*. Buenos Aires: Victor Leru.
- ESCRIVÀ, Isabel; MORÍN, Jorge; RIBERA, Albert; ROSSELLÓ, Miquel y SÁNCHEZ Isabel. 2015. Estudio y propuesta de reconstrucción. En: Ribera, A. (coord.), *Pla de Nadal (Riba-roja del Túria). El palacio de Tevdinir*. Ribarroja: Ajuntament de Riba-Roja del Túria, 36-41.
- ESTEBAN Lorente, Juan Francisco. 2001. La teoría de la proporción arquitectónica en Vitruvio. *Artigrama: Revista del Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Zaragoza*, 16: 229-256.
- GIRÓN SIERRA, Francisco Javier. 2000. De las medias a las progresiones. Los cambios en los sistemas de proporción inducidos por la Revolución Científica. En: Graciani, A. (coord.), *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid, Instituto Juan de Herrera, 375-388.
- HERNÁNDEZ GIMÉNEZ, Félix. 1961. El codo en la historiografía árabe de la Mezquita Mayor de Córdoba. Contribución al estudio del monumento. *Al-Mulk. Anuario de Estudios Arabistas*, 2: 5-52.
- JIMÉNEZ HERNÁNDEZ, Alejandro. 2015. La metrología histórica como herramienta para la Arqueología de la Arquitectura. La experiencia en los Reales Alcázares de Sevilla. *Arqueología de la Arquitectura*, 12: e022 [en línea], disponible en: <http://dx.doi.org/10.3989/arq.arqt.2015.001>
- LEÓN MUÑOZ, Alberto. 2006. Pervivencias de elementos clásicos en la Qurtuba islámica. En: Vaquerizo Gil, D. y Murillo Redondo, J.F. (coord.), *El concepto de lo provincial en el mundo antiguo. Homenaje a la profesora Pilar León Alonso. Vol. II*. Córdoba, Universidad de Córdoba, 409-438.
- MONTILLA TORRES, Irene y VALLEJO TRIANO, Antonio. 2012. Madinat Al-Zahra. La Ciudad Brillante. La investigación como difusión. *Virtual Archeology Review*, 6 (3): 7-11.
- NEUBAUER, Eckhard. 1998. Al-Khalil ibn Ahmad and Music. En: Ryding, K.C. (ed.), *Early medieval Arabic: studies on al-Khalil ibn Ahmad*. Washington D.C: Georgetown University Press, 63-91.
- NUERE, Enrique. 2003. La carpintería de armar española. Madrid: Munilla-Leria.
- PALLADIO, Andrea. 1988 [1570]. *Los cuatro libros de arquitectura*. Madrid: Akal.
- PAVÓN MALDONADO, Basilio. 2018. Notas sobre Madinat al-Zahra. El jardín de la terraza de las cuatro albercas de Madinat al-Zahra, el Salón Rico y la Qubba de las tejas de oro. [en línea], disponible en: <http://www.basiliopavonmaldonado.es/public/ineprueba.htm>
- RIOBÓO CAMACHO, Francisco. 2016. La geometría en el salón rico de Madinat al Zahra. *Al-Mulk. Anuario de Estudios Arabistas*, 14: 51-82.
- ROLDÁN MEDINA, Francisco Javier. 2013. *Principios de metrología en la arquitectura del pasado* [Tesis Doctoral]. Granada: Universidad de Granada.
- TERRASSE, Michel. 2001. *Islam et Occident Méditerranéen de la conquête aux Ottomans*. Paris: Comité des travaux historiques et scientifiques (CTHS).
- VALLEJO TRIANO, Antonio. 1995. El salón de 'Abd al-Rahmān III: problemática de una restauración. En: Vallejo, A. (ed.), *El salón de 'Abd al-Rahmān III'*. Córdoba: Junta de Andalucía, 9-40.
- VALLEJO TRIANO, Antonio. 2010. *La ciudad califal de Madīnat al-Zahrā'*. Arqueología de su excavación. Córdoba: Almuzara.

- VALLEJO TRIANO, Antonio. 2013. El Alcázar de Madinat al-Zahrā': permanencia y procesos de cambio. *Anales de Historia del Arte*, 22 (II): 325-344.
- VALLEJO TRIANO, Antonio. 2016. El heredero designado y el Califa. El Occidente y el Oriente en Madinat al-Zahrā'. *Mainake*, XXXVI: 433-464.
- VALLVÉ BERMEJO, Joaquín. 1976. Notas de metrología hispano-árabe. El codo en la España musulmana. *Al-Andalus*, 41-2: 339-354.
- VARGAS LORENZO, Cristina. 2019. La recuperación del palacio primitivo del Alcázar de Sevilla. *Arqueología de la Arquitectura*, 16: e089 [en línea], disponible en: <https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2019.011>
- WULFF BARREIRO, Federico. 2010. *Origen y evolución de la carpintería de armar hispano-musulmana: de los antecedentes romanos, bizantinos y sirios hasta la carpintería almohade*. [Tesis Doctoral]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Fecha final recepción artículos:
30/04/2021
Fecha aceptación: 01/07/2021

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