

ACADEMIA



BOLETÍN
REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES
DE SAN FERNANDO

AÑO 2025
NÚMERO 127

RESALTOS, PERFILES Y OTRAS CONSIDERACIONES TENIDAS EN CUENTA PARA LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DE LAS BÓVEDAS DE MOCÁRABES DESAPARECIDAS EN LA MEZQUITA DE TINMAL

PROJECTIONS, PROFILES, AND OTHER CONSIDERATIONS FOR THE
VIRTUAL RECONSTRUCTION OF THE LOST MUQARNAS VAULTS IN
THE TINMAL MOSQUE

Mila Piñuela García

Investigadora independiente

gigantones7@gmail.com

ORCID 0000-0003-1061-2716

Recibido: 16/06/2025. Aceptado: 20/07/2025

Cómo citar: Piñuela García, Mila: "Resaltos, perfiles y otras consideraciones tenidas en cuenta para la reconstrucción virtual de las bóvedas de mocárabes desaparecidas de la mezquita de Tinmal", *Academia. Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*, 127 (2025): 9-64.

Este artículo está sujeto a una licencia "Creative Commons Reconocimiento-No Comercial" (CC-BY-NC)

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17592093>

Resumen: Tras el terremoto del 8 de septiembre de 2023, gran parte de la mezquita de Tinmal colapsó. En este contexto, el proyecto *Atlas de Arquitectura Almohade* (<https://ataral.es>) se propuso hacer una reconstrucción virtual de la mezquita. El presente trabajo expone las consideraciones adoptadas para el levantamiento de un modelo 3D, tanto de las bóvedas que permanecían intactas —el cupulín del mihrab y la bóveda oriental de la nave de la qibla—, como de la propuesta hipotética de las otras dos bóvedas de la misma nave, de las cuales apenas se conservaban restos. Entre los criterios aplicados destacan los derivados del análisis de resaltos y perfiles realizado sobre la tercera bóveda de la mezquita de al-Qarawiyīn, un ejemplo almorrávide muy próximo en el tiempo a las bóvedas almohades de Tinmal.

Palabras clave: Mocárabes; Tinmal; perfil del mocárabe; resaltos entre mocárabes; almohade.

Abstract: Following the earthquake of September 8, 2023, much of the Tinmal Mosque suffered severe collapse. Within this context, the *Atlas of Almohad Architecture* project (<https://ataral.es>) undertook the virtual reconstruction of the monument. This paper outlines the methodological criteria applied in developing a 3D model, focusing on both the vaults that remained intact —the small dome over the *mihrab* and the eastern vault of the *qibla* aisle— and the hypothetical reconstruction of the two missing vaults, for which only scant remains were preserved. The ap-

proach draws particularly on the analysis of moldings and profiles from the third vault of the al-Qarawiyyīn Mosque, an Almoravid structure chronologically close to the Almohad vaults of Tinmal.

Key words: *Muqarnas; Tinmal; muqarnas profile; projections between muqarnas; almohad.*

INTRODUCCIÓN

Gran parte de la mezquita de Tinmal se vino abajo con el terremoto del 8 de septiembre de 2023. A raíz de este desastre, dentro del equipo que trabaja en el *Atlas de Arquitectura Almohade* (Ataral), surgió la iniciativa de llevar a cabo una reconstrucción virtual de la mezquita a partir de la información disponible, especialmente la planimetría de Christian Ewert y Jens-Peter Wissak (1984).

Además del cupulín del mihrab, la mezquita contaba con otras tres cúpulas de mocárabes situadas junto al muro de la quibla. De estas, solo se conservaba entera la oriental; de la central, junto al mihrab, únicamente quedaba parte del arranque, mientras que de la occidental apenas permanecían cuatro mocárabes en un ángulo.

Este trabajo se centra en las cúpulas de mocárabes de la mezquita de Tinmal, con el objetivo último de generar, a partir de los datos disponibles (fotografías y dibujos), un modelo 3D de las cúpulas que se conservaban, así como una propuesta hipotética de reconstrucción de aquellas que habían desaparecido tiempo atrás. Esta comunicación surge de la necesidad de exponer los criterios y las decisiones adoptadas durante el proceso de modelado en tres dimensiones.

Además de la planimetría elaborada por Ewert y del registro fotográfico, se cuenta con las primeras conclusiones de una investigación en curso, iniciada en el marco del proyecto *Atlas de Arquitectura Almohade* (Ataral). Este estudio se centra en el análisis de los perfiles de los mocárabes y de los resaltos que se generan entre ellos en las bóvedas de la mezquita al-Qarawiyyīn. Estas bóvedas forman parte de un proyecto de ampliación de la mezquita llevado a cabo durante el emirato almorávide de Ali ibn Yusuf, entre los años 1130 y 1144, por lo que pueden considerarse muy próximas, en el tiempo, a las de Tinmal¹.

Las ortoimágenes de las bóvedas de la mezquita al-Qarawiyyīn permiten observar con cierto detalle cada uno de los mocárabes y esbozar, de forma aproximada, el tipo de perfil que presenta cada uno de ellos en cada una de sus caras (fig. 1). Asimismo, facilitan la identificación de los saltos que se producen entre los distintos elementos. El más evidente es el pequeño escaloncito que aparece entre niveles consecutivos de mocárabes, entendiendo por *nivel* la franja delimitada por dos alturas dentro de la cual los mocárabes desarrollan sus perfiles.

Existen, sin embargo, otros saltos menos perceptibles que desempeñan un papel fundamental en el movimiento y el ritmo que se aprecia en el conjunto. Como se mostrará a lo largo de este estudio, por muy sutiles que puedan parecer, todo indica

¹ Terrasse, Henri (1968).

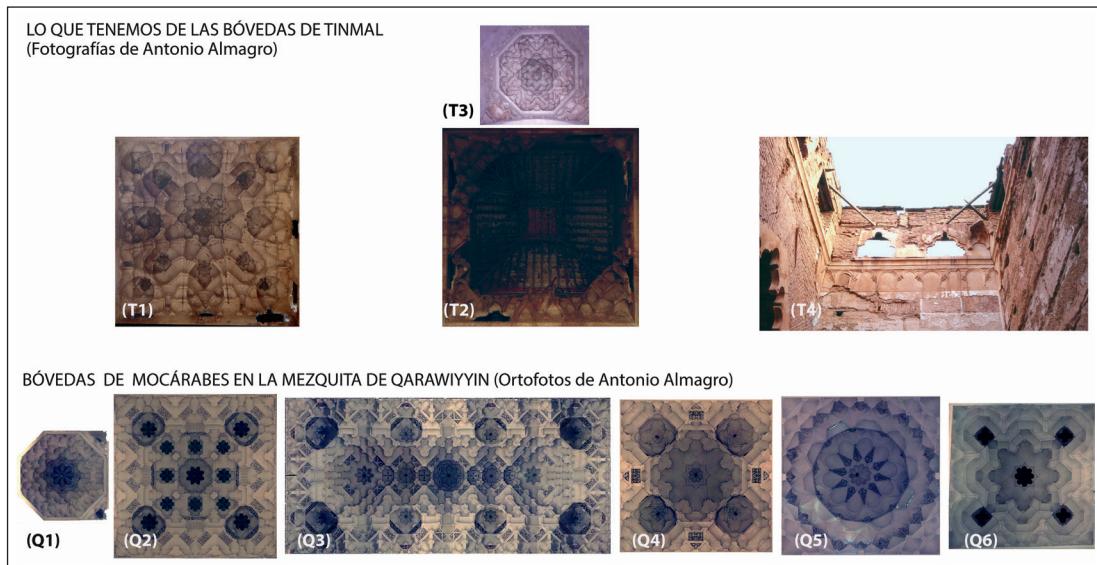


Fig. 1. Bóvedas de mocárabes. (a) Fotografías de bóvedas y restos de bóvedas en la mezquita de Tinmal, tomadas antes del terremoto de 2023. (b) Ortofotos de las bóvedas de la mezquita Qarawiyyin. Fotografías y ortofotos de Antonio Almagro.

que responden a un criterio definido, y no serían fruto del azar ni consecuencia de los desajustes propios de la construcción en yeso.

Para establecer el criterio de análisis relativo al sentido de estos saltos, se parte de la observación de dos mocárabes contiguos dentro de un mismo nivel, entre los cuales se aprecia una discontinuidad. Este hecho implica, de entrada, que las caras solapadas de ambos elementos no coinciden: sus perfiles pueden presentar un desarrollo similar, pero no idéntico. Entre uno y otro hay un espacio —el salto observado— cuya anchura, como se verá más adelante, no necesariamente se mantiene constante a lo largo de todo el recorrido de los perfiles.

Con el fin de definir el sentido de este salto entre mocárabes contiguos se adopta la perspectiva del observador situado bajo la bóveda. Desde este punto de vista, la existencia del salto implica que la cara del perfil situado por encima —correspondiente al mocárabe que, en adelante, denominaremos *mocárabe que resalta*— queda ampliamente recogida por la cara del mocárabe contiguo cuyo perfil queda situado por debajo. A este último nos referiremos como el *mocárabe que queda resaltado* (fig. 2).

El análisis de los resaltos está estrechamente vinculado al de los perfiles, y su explicación se encuentra en ciertas nociones transmitidas en los tratados de carpintería de lo blanco de principios del siglo XVII, de fray Andrés de S. Miguel y López de Arenas. Aunque se trata de textos pertenecientes a un ámbito muy distinto al del yeso, y cronológicamente muy posteriores a las bóvedas que aquí se analizan, es precisamente al profundizar en esas explicaciones donde surgen las claves del esquema de trabajo que da sentido a los resaltos observables en las bóvedas de mocárabes de al-Qarawiyyīn.

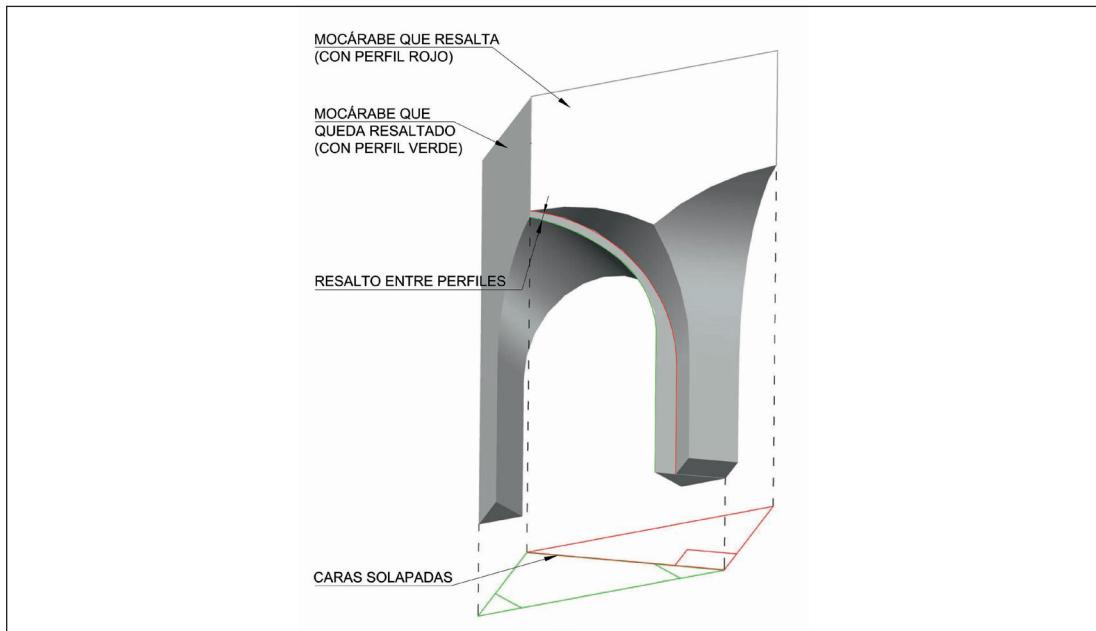


Fig. 2. Ejemplo de resalto entre caras solapadas.

Se trata de un esquema de trabajo que, con el tiempo —al menos en el ámbito de la carpintería de lo blanco— parece haberse simplificado. Sin embargo, es el mismo esquema de trabajo que permitiría resolver todos los resaltos observados en al-Qarawiyīn, en la Kutubiyya, así como en contextos posteriores, como el de la Alhambra en el siglo XIV.

NOCIONES QUE DEJAN LOS CARPINTEROS EN SUS TRATADOS A PRINCIPIOS DEL SIGLO XVII

“EL GRUESO DE LA MADERA”, SEGÚN LÓPEZ DE ARENAS

Según Arenas, el “grueso de la madera”, o “grueso del mocárabe”, es el valor característico del mocárabe, es decir, su módulo, y se corresponde con el cateto del medio cuadrado, una de las formas geométricas básicas que van a tener los mocárabes en planta. No obstante, al analizar con detalle su explicación, se entiende que cuando menciona el “grueso de la madera” se está refiriendo al espesor de uno de los dos tablones imprescindibles de los que se cortan los prismas base de los que posteriormente se labrarán las adarajas, es decir, los propios mocárabes en el contexto de la carpintería de lo blanco. A este tablón, denominado simplemente “la madera”, le asigna un grosor de $5P$. El segundo tablón imprescindible, según Arenas, es el llamado “de jairas”, cuyo grosor equivale a $5P/\sqrt{2}$.

Fray Andrés menciona un tercer tablón, cuyo grosor corresponde a la hipotenusa del medio cuadrado, es decir, $5P \times \sqrt{2}$. Aunque este tablón no resulta imprescindible

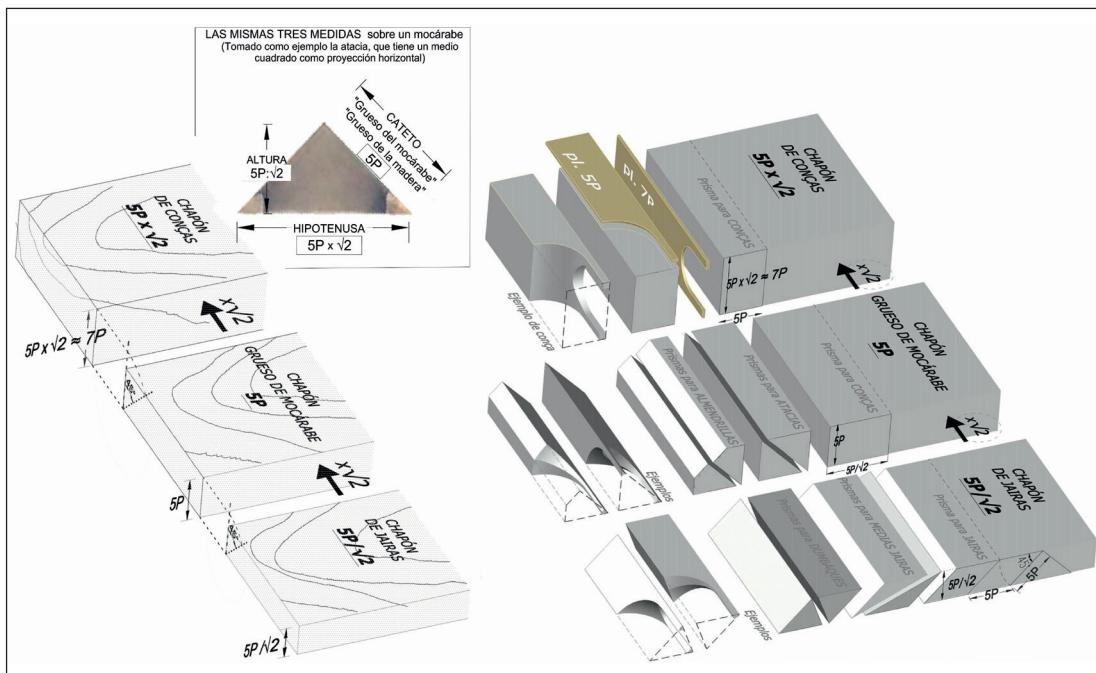


Fig. 3. Tablones de partida para la obtención de prismas base de mocárabes y proceso de extracción de estos en el ámbito de la carpintería de lo blanco.

para cortar adarajas, sí constituye una posibilidad constructiva válida y no puede descartarse su uso en determinados contextos. Tendríamos así tres posibles tablones de los que ir cortando los prismas base de los que obtener las adarajas, y se pasa del grosor de uno al del siguiente multiplicando por $\sqrt{2}$ (fig. 3).

De estos tablones se cortan los prismas base, quedaría labrarlos para obtener los mocárabes. Para esto se usan una serie de plantillas con las que se marca, en un extremo del prisma y en las caras adecuadas según el mocárabe concreto que se pretenda hacer, el trazo que hará de guía que orientará la labra.

LAS PLANTILLAS, EXPLICACIÓN AL PRIMER RESALTO

Las plantillas que dejan estos autores y que podríamos comparar no son exactamente iguales; sin embargo, sus explicaciones coinciden en puntos interesantes. Pero antes, fijémonos en un detalle, el valor real de la hipotenusa del medio cuadrado es $5P\sqrt{2}$, no obstante, usan la aproximación 7P. Con el par 5P-7P pueden dar un valor a todos los lados de los mocárabes y, por lo tanto, pueden, por ejemplo, medir en unidades “P” el lado de un elemento de mocárabes y seguidamente obtener el valor 5P del mocárabe a usar para encajar ese elemento en un espacio determinado.

La misma relación 5P-7P se ve en las “fórmulas de construcción de plantillas” que utilizan ambos autores (fray Andrés de S. Miguel y López de Arenas). Estos

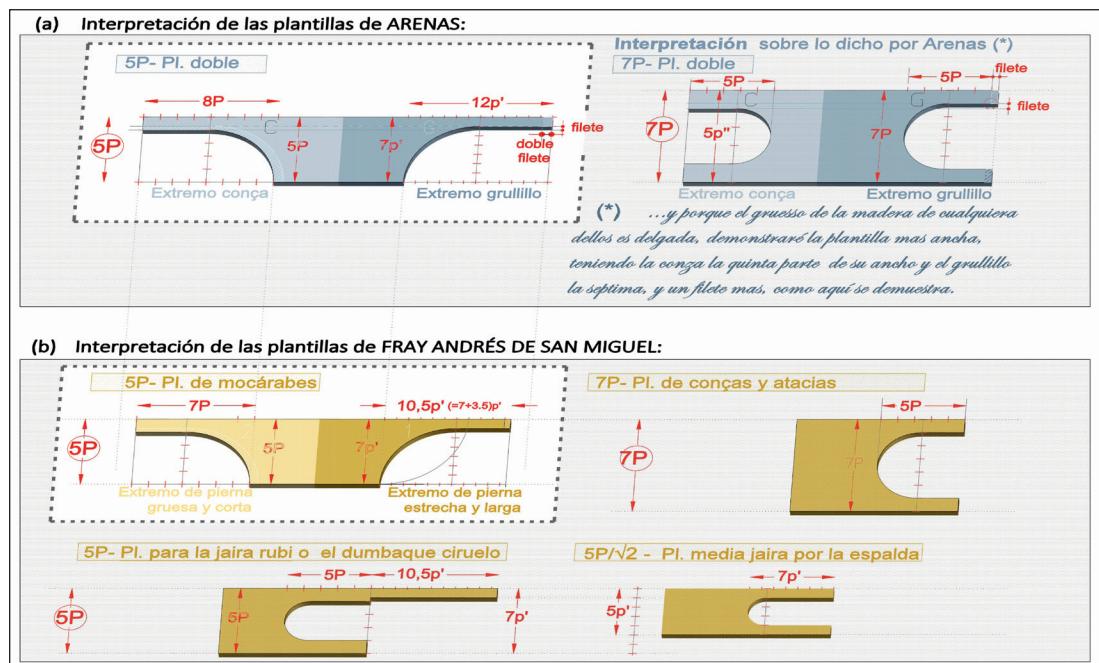


Fig. 4. Reconstrucción de las plantillas descritas por Arenas y fray Andrés en sus tratados de carpintería. Se indica con un recuadro de línea discontinua la plantilla doble que presenta cada uno.

coinciden también en explicar dos plantillas muy parecidas entre sí para la cara 5P y en presentarlas como extremos de una misma pieza, es decir, una pieza doble (fig. 4).

En realidad, más que dos plantillas parecen dos variantes de un mismo tipo de plantilla, un tipo que provoca un descenso en la cara 5P y que tiene una sola pierna. En una variante, esta pierna es gruesa y corta; en la otra, estrecha y larga.

De manera sucinta, López de Arenas describe otra plantilla doble para la cara 7P. Por su parte, fray Andrés de San Miguel muestra únicamente una plantilla para la cara 7P, pero incluye una tercera plantilla para la cara 5P y otra destinada a la diagonal corta del rombo.

Volviendo a esa pieza doble, Arenas aclara que el grosor y la longitud de las piernas de estas variantes se diferencian en un “filete”, de modo que, según la cara que se marque con una u otra variante, puede generarse un relieve entre caras solapadas (fig. 5). En su explicación, se refiere al relieve que se produce entre la *medina*² y el mocárabe: la medina cortada con la plantilla de pierna gruesa y corta

² La *medina* es un elemento que no solo ha acompañado a los mocárabes en Occidente prácticamente desde sus orígenes, sino que está además estrechamente vinculado al diseño, la construcción y la evolución de las bóvedas de mocárabes en dicho contexto. Puede presentarse en forma de filete —con un perfil labrado a partir de la marca de una de las variantes de plantilla— o bien como simple esquema. En cualquiera de los casos, discurre entre los mocárabes de manera geométricamente sinuosa, dividiendo la bóveda en grupos dentro de los cuales estos suelen disponerse en torno a un centro focal (Piñuela, 2023).

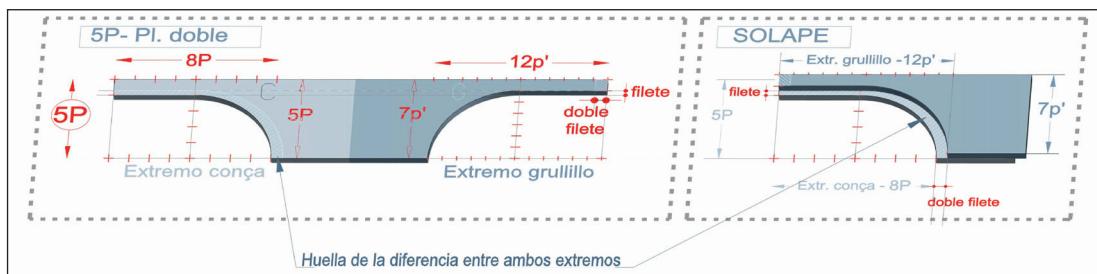


Fig. 5. Plantilla doble para la cara 5P, según Arenas, y el filete que las diferencia.

queda en “relieve” con respecto al mocárabe, que ha sido cortado con la plantilla de pierna larga y estrecha³.

¿Usaría Arenas estas dos variantes en otra situación? No lo explica.

OTROS RESALTOS QUE SE OBSERVAN EN LAS BÓVEDAS DE AL-QARAWIYYĪN

No obstante, al observar las construcciones con mocárabes podemos identificar otros resaltos. Por ejemplo, ese pequeño “escaloncito” que separa los niveles y que, como se aprecia en el recorte de una de las bóvedas de la mezquita de al-Qarawiyīn (fig. 6), marca una diferencia de altura. En principio, podría pensarse que este escaloncito se puede insertar entre los mocárabes que ocupan un nivel, pero, ¿qué ocurre con los que ocupan dos niveles?

En la figura 6 se señalan algunos de estos casos. Comenzando por aquel cuya proyección horizontal corresponde a un medio cuadrado, el perfil que abarca dos niveles se encuentra en sus caras 5P. La relación entre estos perfiles y la tercera plantilla 5P de fray Andrés resulta evidente. Al observar esta plantilla, se distinguen dos partes: una primera que encuadra el perfil del mocárabe en el nivel superior, y una segunda que lo prolonga hasta el nivel inferior, salvando el “escaloncito” intermedio. Fray Andrés denomina a esta segunda parte “pernezuela”, y señala que tiene el grosor y la largura de su variante 5P de pierna larga y estrecha. Esa largura

³ Cuando Arenas utiliza la palabra “relieve”, se refiere al saliente de la *medina* con respecto a la superficie más o menos continua que conforman los mocárabes. En este caso, el sentido del relieve, desde el punto de vista del espectador, es descendente, es decir, hacia el interior del espacio cubierto. Esta perspectiva resulta habitual en el ámbito de la carpintería de lo blanco, donde los carpinteros perciben la techumbre como si se tratara de una mesa de trabajo. Ignoramos si los maestros yeseros compartían un planteamiento similar. En cualquier caso, como se indicó anteriormente, en este estudio utilizaremos el término *resalto*, con la intención de designar un salto siempre orientado hacia arriba desde el punto de vista del observador. La razón es que, como veremos a lo largo del análisis, se identifican saltos entre mocárabes, e incluso entre mocárabes y *medinas*, en configuraciones muy distintas a la planteada por Arenas, difíciles de describir con claridad sin precisar expresamente la posición espacial de cada elemento —o, más concretamente, de cada perfil— en cada situación concreta de solape de caras. En definitiva, se ha optado por privilegiar la mirada del espectador por encima de la que, posiblemente, fue la del profesional.

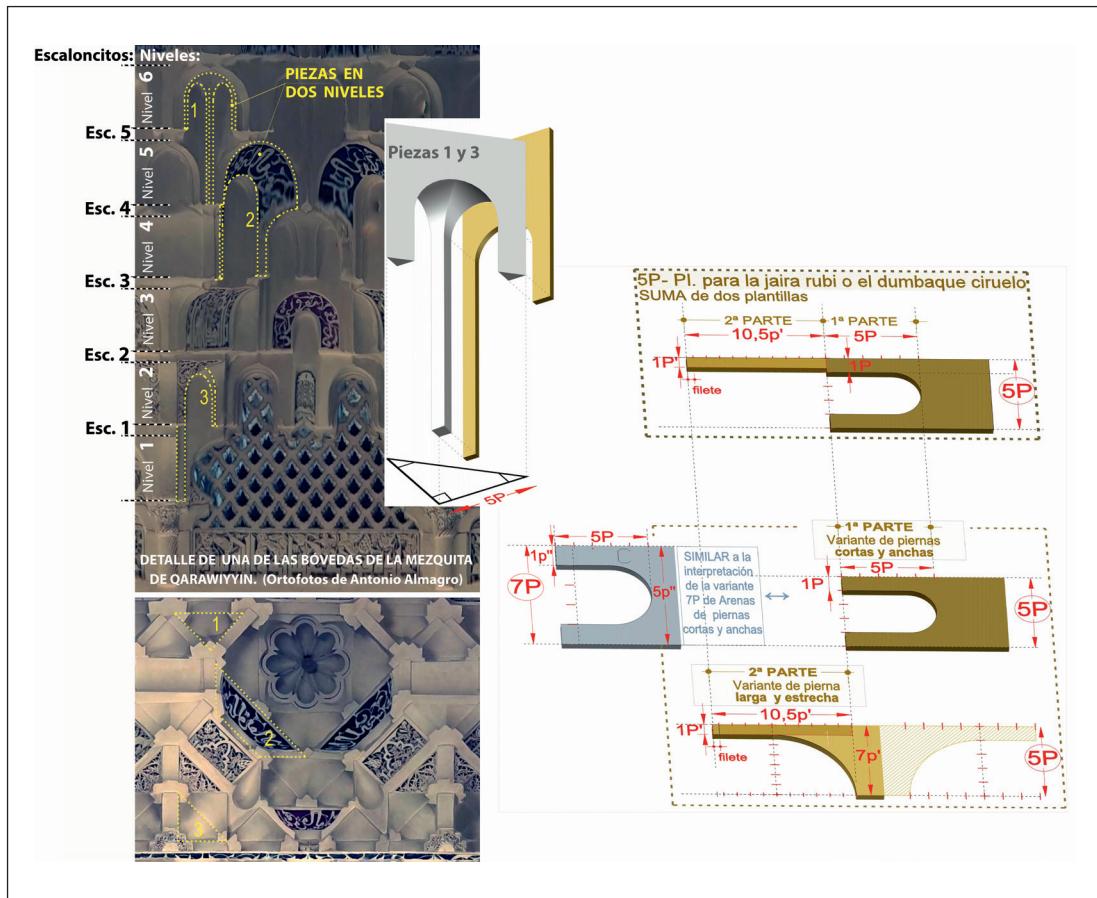


Fig. 6. Análisis 1 sobre un recorte de la bóveda 3 de la mezquita al-Qarawiyīn.

que tiene de más esta pernezuela respecto a la pierna de la otra variante parece ser la responsable de resolver el escaloncito.

Según lo anterior, la explicación de este segundo resalto no se encuentra tanto en la existencia de dos variantes como en una plantilla que parece constituir una síntesis —o fundido— de ambas.

También se ha señalado un mocárabe cuya proyección horizontal corresponde a un trapecio (fig. 7). Los lados no paralelos de este trapecio responden a un perfil 5P y abarcan un nivel más el escaloncito. Su base menor responde a una cara 7P y tiene un perfil que se extiende por dos niveles, por lo que incluye la altura del escaloncito intermedio.

En este recorte encontramos el sentido de la tercera plantilla 5P de fray Andrés. No obstante, conviene precisar que se trata de una bóveda muy anterior al tratado de fray Andrés y, además, realizada en yeso, no en madera. Esto último implica que los mocárabes que la conforman, en lugar de haber sido tallados, fueron reproducidos mediante moldes.

En esta última pieza se identifica al menos un perfil especial, lo que refuerza la hipótesis de que para dicho perfil probablemente no se utilizó una plantilla, sino

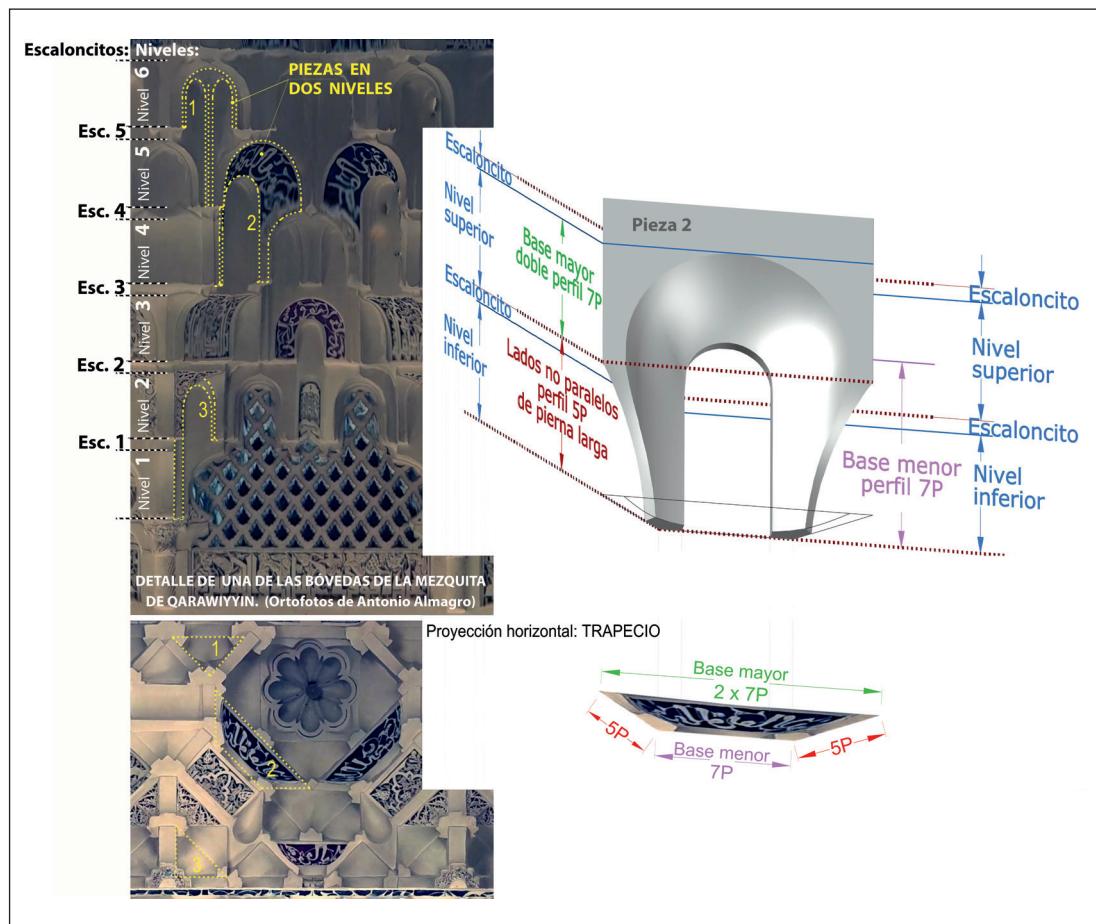


Fig. 7. Análisis 2 sobre un recorte de la bóveda 3 de la mezquita al-Qarawiyyīn.

que el trazo se realizó directamente sobre la cara del prisma base a partir del cual se obtendría la pieza destinada a fabricar el molde. Por esta razón, a partir de este punto optamos por referirnos directamente a perfiles en lugar de plantillas.

Antes de seguir con el análisis de los resaltos es necesario detenerse en una composición de piezas muy común en las bóvedas almorrávidas y almohades. Aunque, desde hace tiempo hemos ido observando diversas variantes, todas parecían compartir la presencia de un filete independiente de la red de medinas, cuyo grosor influía directamente en la geometría plana visible del resto de los elementos de la composición.

En la figura 8a vemos la composición más habitual: atacia, conça y filete. El efecto perceptible para el espectador es como si la atacia y la conça se hubiesen trasladado lo que ocupa el grosor del filete, quedando parte de su geometría recortada u oculta.

Aún no se comprende del todo el sentido exacto de esta composición. Si bien en un primer momento se interpretó como vinculada al montaje de la bóveda, la hipótesis constructiva que se desarrolla más adelante en este trabajo —y en la que

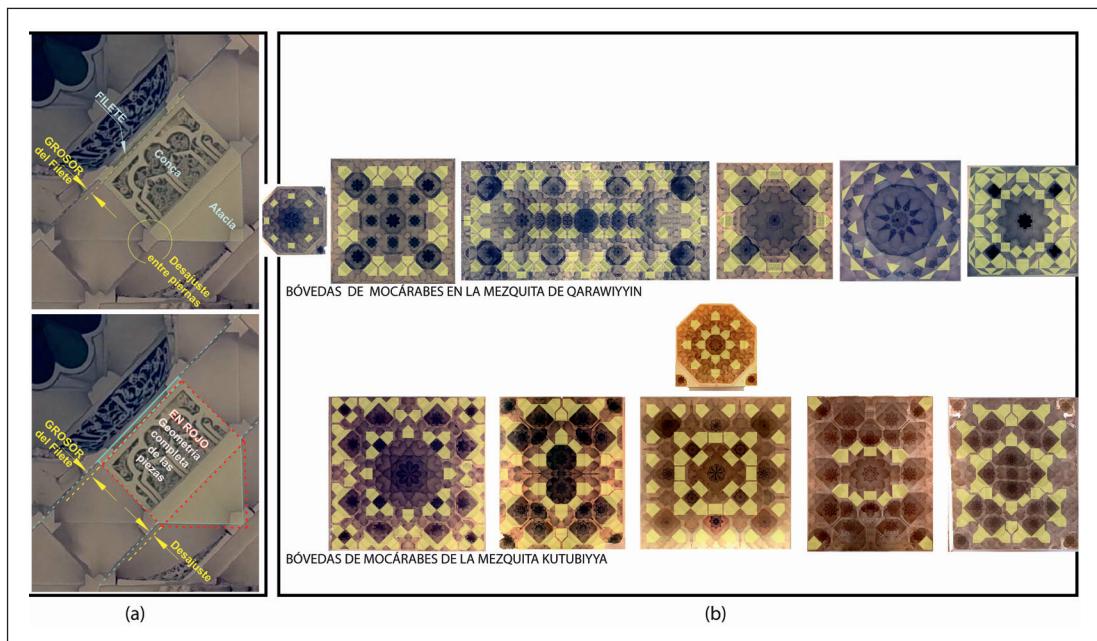


Fig. 8. Composición con filete: (a) detalle en planta de un ejemplo; (b) área ocupada por este tipo de composiciones resaltada sobre las bóvedas de al-Qarawiyīn y la Kutubiyya.

dicha composición está presente— muestra que su peculiar configuración carece de una justificación técnica evidente. Como se verá, tanto esta composición como otra identificada a partir de dicha propuesta participan en el ensamblaje constructivo. Sin embargo, el rasgo distintivo que atrajo nuestra atención —la aparición, en proyección horizontal, de un filete independiente de la red de medinas, que obliga a reducir la geometría visible de uno o más mocárabes— parece responder más a un efecto estilístico que a una función constructiva.

En cualquier caso, estas composiciones inciden directamente en el estudio de los resaltos y, por la manera en que se extienden a lo largo de las bóvedas (fig. 7b), no pueden considerarse un detalle menor.

RESALTOS EN PLANTA

Volviendo al análisis de los resaltos, en esta ocasión nos centramos en los resaltos horizontales que se producen entre las piernas de piezas contiguas. Parece existir un cierto criterio, de forma que los vértices extremos de las piernas pueden recogerse con 2 o 3 círculos concéntricos cuyos radios guardan la relación $\sqrt{2}$ (fig. 9). No es posible concretar el valor “a” de los grosores; los dibujos de la figura deben interpretarse como esquemas. Sin embargo, sí parece existir la relación: a_1 (en morado) - $a\sqrt{2}$ (en verde) - a_2 (en rojo). De nuevo se da la misma relación que había entre los grosores de los tablones de partida de los que hablaban Arenas y fray Andrés de San Miguel.

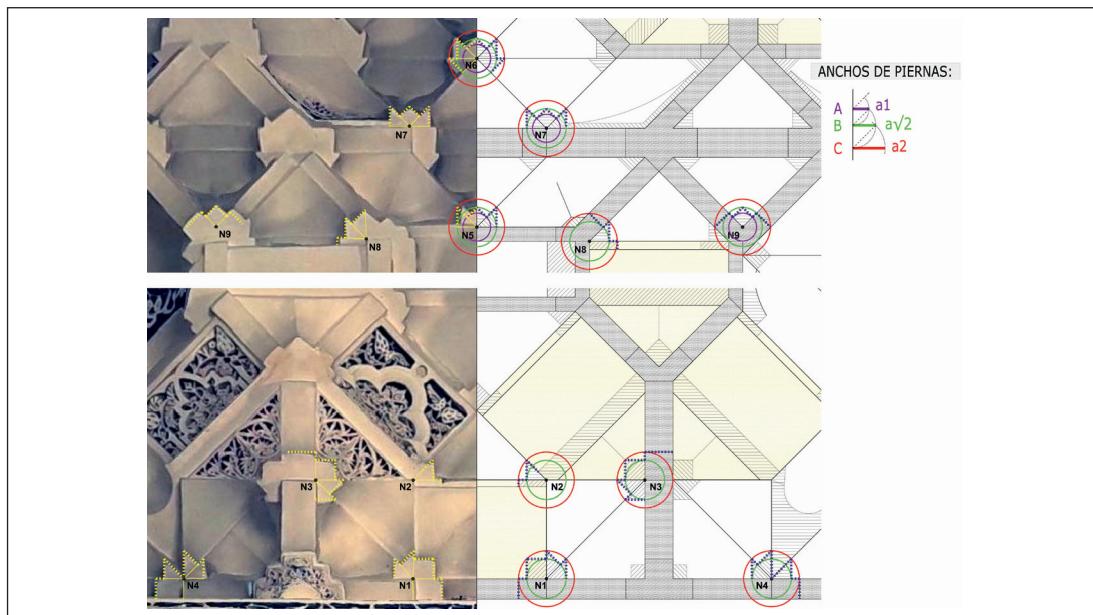


Fig. 9. Resaltos en planta en un recorte de la tercera bóveda de al-Qarawiyīn.

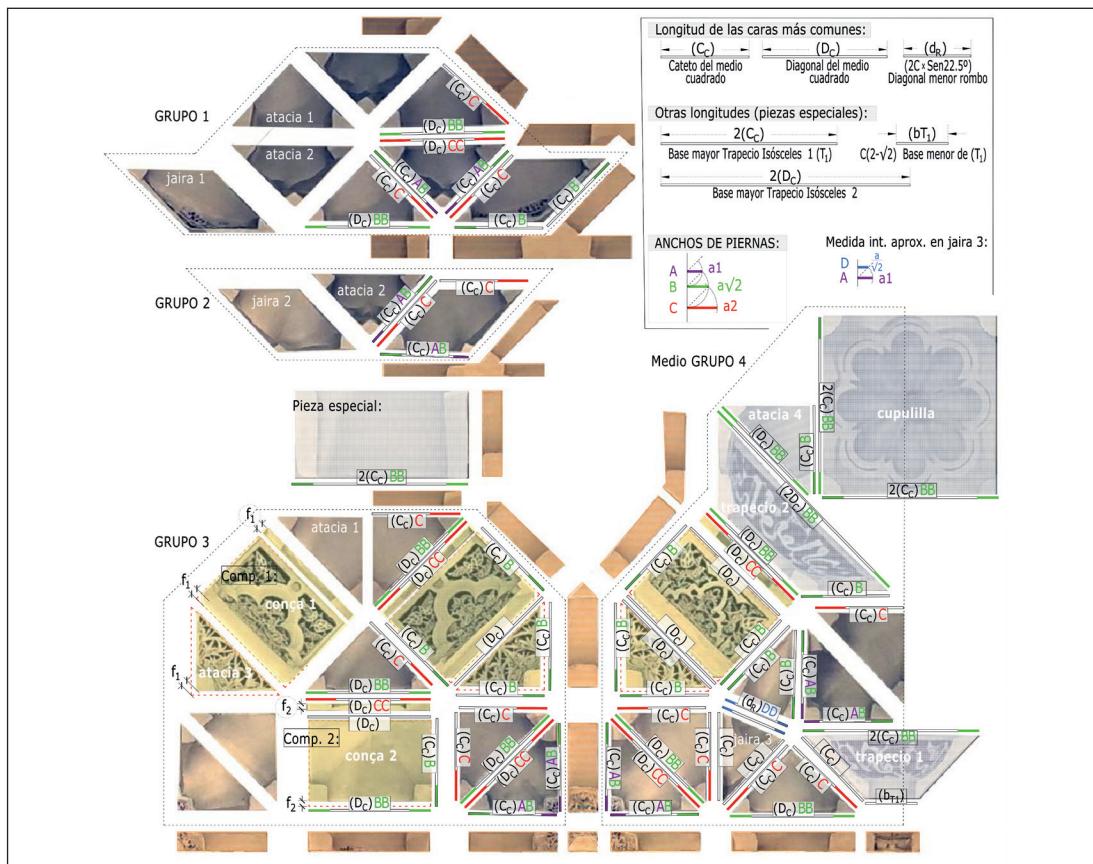


Fig. 10. Primeras variables en el perfil: número de piernas y ancho de las mismas.

Es evidente que los resaltos horizontales entre piernas se deben a los distintos perfiles de las caras solapadas. Para analizar las relaciones que hay entre estos, tomamos como ejemplo la tercera bóveda de la mezquita al-Qarawiyyīn, de la cual ya hemos presentado un recorte. En la figura 10 se muestra una selección de todas sus piezas: en su color quedan los mocárabes más comunes; en amarillo, las composiciones con filete ya mencionadas; en blanco, piezas que hemos considerado especiales, bien por tener otro módulo o bien porque sus formas o desarrollos no son los comunes, y en naranja, los tramos de medina. Los elementos se han separado para facilitar el análisis y para marcar directamente sobre la figura las variaciones de la primera variable: el ancho de las piernas en caras enfrentadas.

RESALTOS EN ALZADO

En la siguiente figura se analiza la segunda variable: la altura. Se ha denominado h_1 a la altura del perfil que se desarrolla dentro del nivel, y h_0 a la altura total del mismo, incluyendo el escaloncito.

Junto a h_1 aparece una cota un poco menor, la diferencia obedece a un pequeño resalte vertical en el solape de los perfiles 5P correspondientes al mocárabe y a la medina. Asimismo, existen otros pares de cotas próximas, como las que se observan en el solape de perfiles 7P, ya sea entre mocárabes o entre un mocárabe y el filete de la composición.

La diferencia entre estos pares de cotas es pequeña, lo que plantea la duda de si se trata de un resalte deliberado o simplemente es el resultado de un desajuste propio del proceso constructivo. Para abordar esta cuestión se ha elaborado un modelo que muestra el solape entre dos mocárabes, tanto con resalto vertical como sin él (fig. 12).

A partir de dicho modelo, resulta razonable suponer que si en el solape entre piernas existe un resalto horizontal, este se prolongue a lo largo del perfil, manifestándose también como un resalto vertical en la cumbre.

LOS PERFILES Y CÓMO SE RELACIONAN

Solape entre mocárabes

Con estas medidas “tomadas” de las ortofotos, se levantan los perfiles y se les da los colores de sus anchos de pierna (fig. 13).

En el primer recuadro se presentan los perfiles principales, que resuelven los mocárabes comunes y buena parte de las caras del resto de las piezas. En la primera fila se muestran los perfiles 5P: un perfil verde con una pierna de ancho $a\sqrt{2}$ y largo h_1 ; un perfil rojo, también de una pierna, de ancho a_2 y largo h_1 menos un pequeño resalte vertical, y un tercer perfil con dos piernas, una morada de ancho a_1 y longitud $h_0 + h_3$ y otra verde de ancho $a\sqrt{2}$ y longitud h_3 .

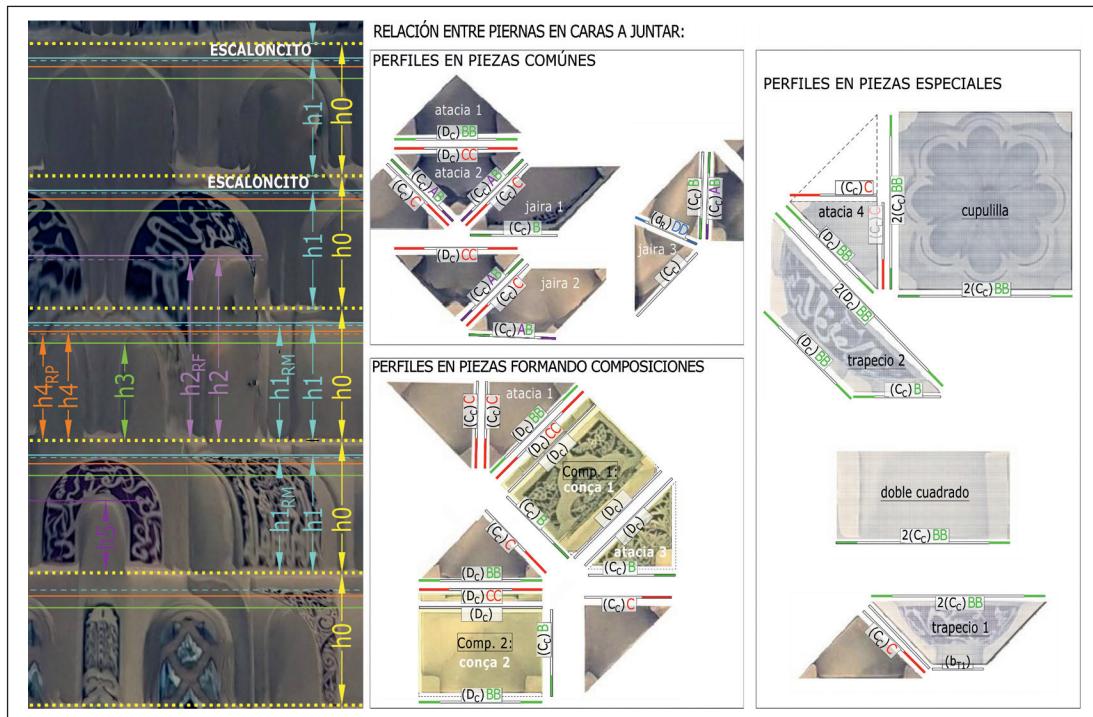


Fig. 11. Segunda variable en el perfil: la altura.

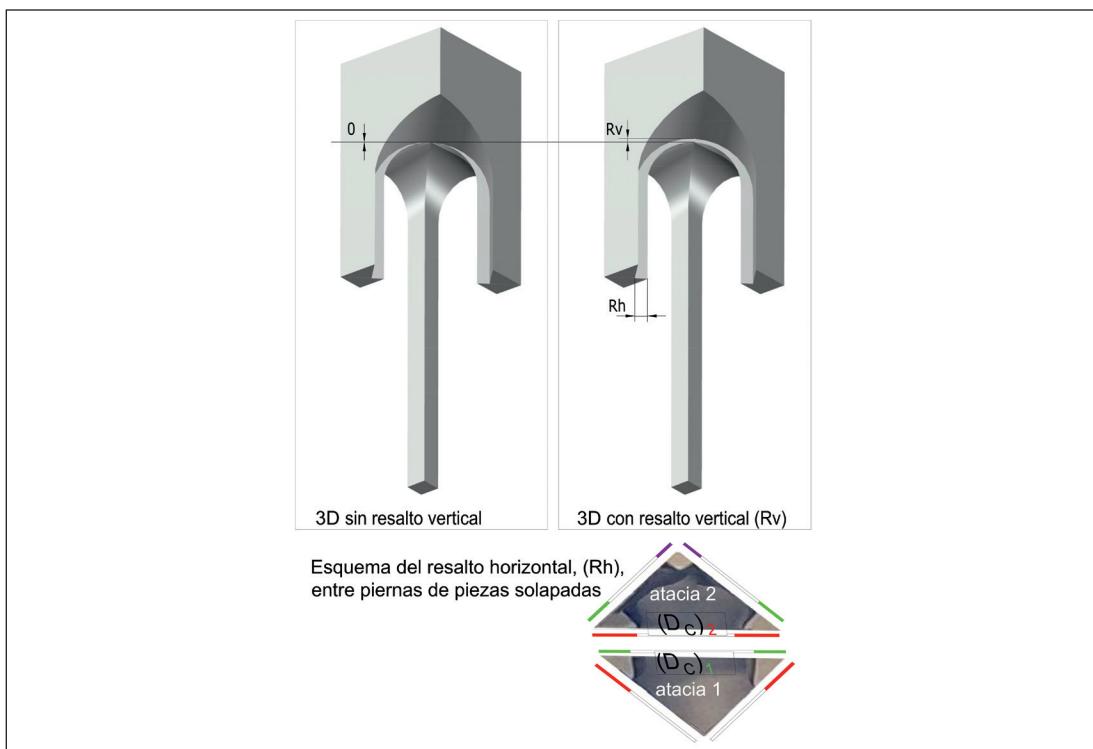


Fig. 12. Solape entre dos atacias con el mismo resalto horizontal, con y sin resalto vertical.

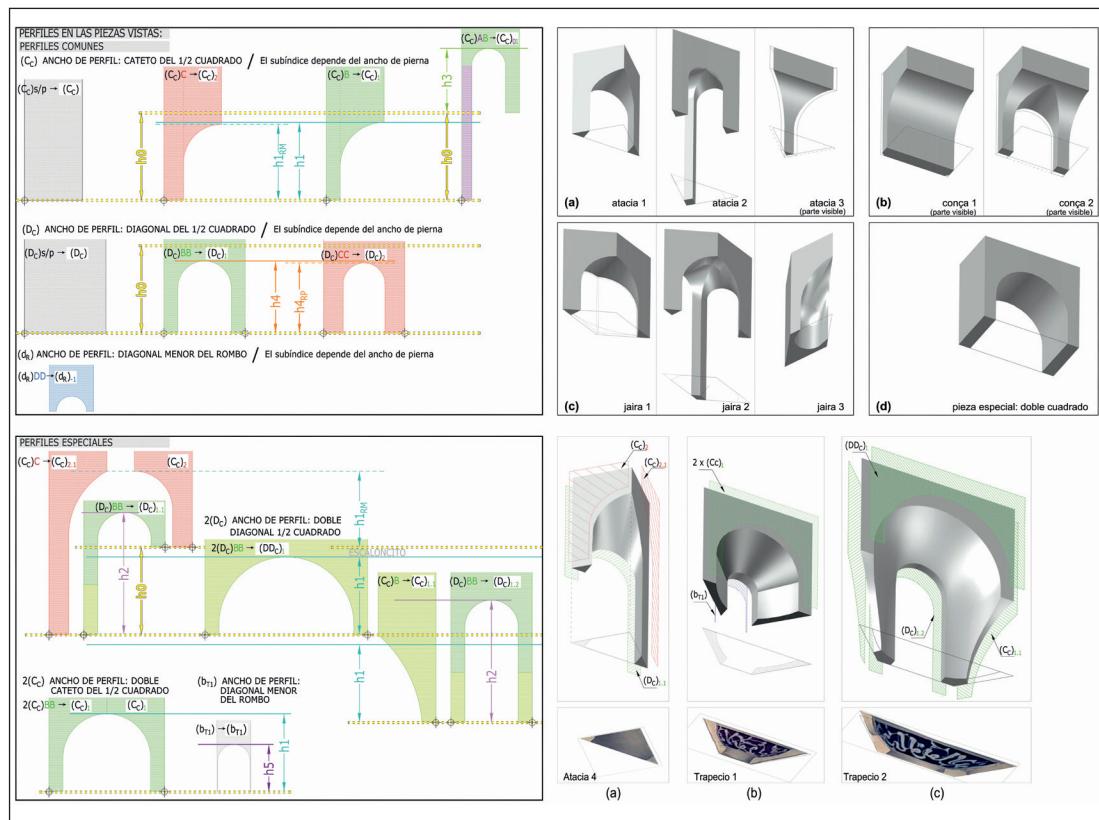


Fig. 13. Perfiles obtenidos a partir de las variables analizadas.

En la segunda fila, los perfiles 7P: un perfil verde con dos piernas de ancho $a\sqrt{2}$ y largo $h4$ y un perfil rojo, también de dos piernas, de ancho $a2$ y longitud $h4$ menos un pequeño resalto vertical.

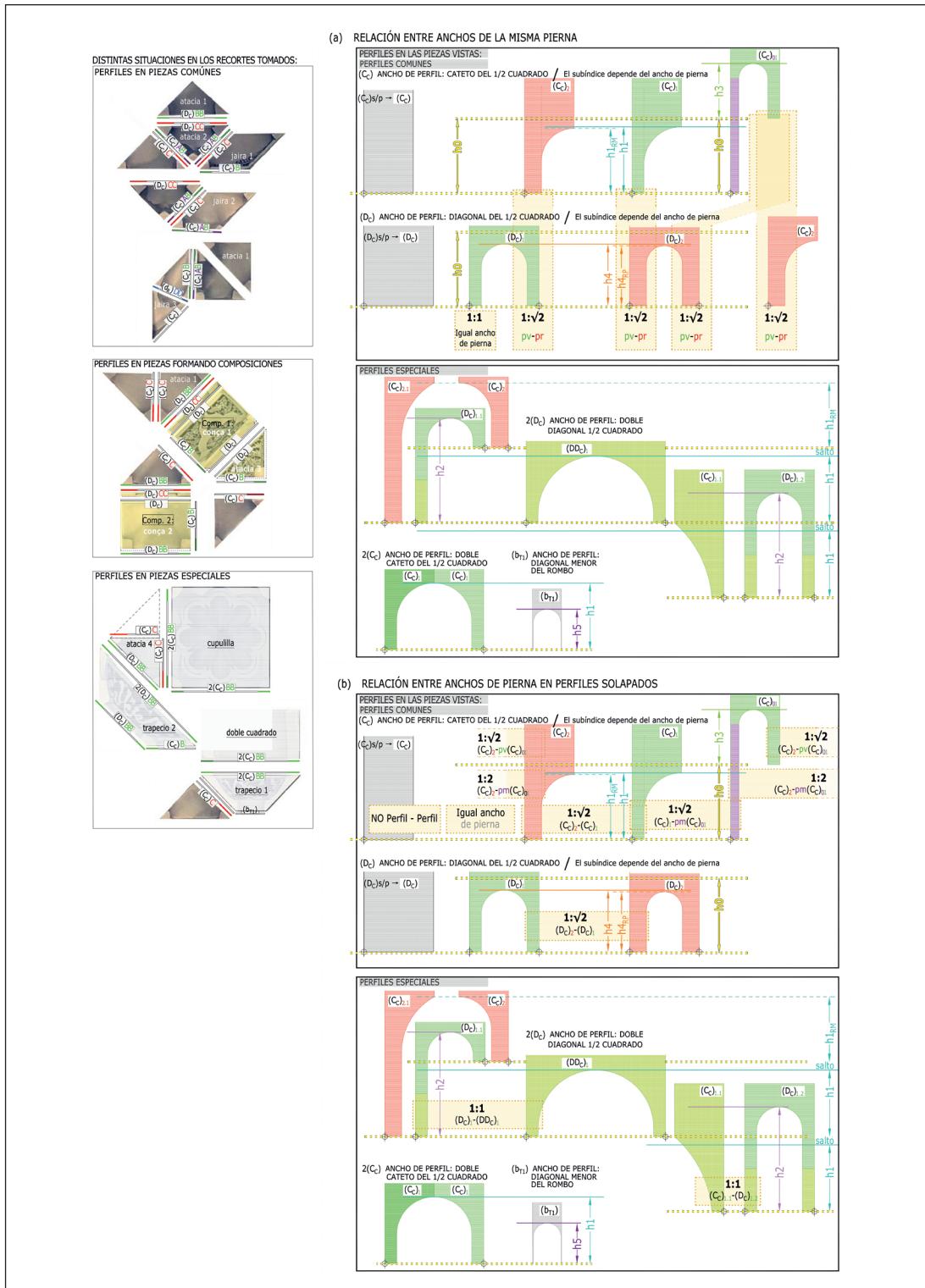
En el segundo recuadro se recogen perfiles especiales que definen, o terminan de definir, precisamente, ciertas piezas especiales.

Observaciones sobre la relación entre perfiles:

Por un lado, se observa la relación entre anchos de cara de la misma pierna (fig. 14a). Se aprecia el mismo ancho de pierna —es decir, entre iguales—, aunque lo más destacado es la relación de anchos 1- $\sqrt{2}$ (verde-rojo).

Por otro lado, la figura 14b muestra la relación entre los perfiles que se solapan. Además de los casos en que un perfil se enfrenta a una cara sin perfil, se identifican distintas combinaciones de anchos de pierna en el solape entre perfiles: la relación 1-1; la relación 1- $\sqrt{2}$ —la más frecuente—, con combinaciones tipo verde-rojo o morado-verde, y también la relación 1-2 (morado-rojo).

En principio, puede proponerse un “esquema de perfiles” estructurado del siguiente modo: se parte de una serie de perfiles tipo base, tomamos como tal los perfiles principales de un solo nivel, por ejemplo, los verdes, con ancho de pierna $a\sqrt{2}$ y longitud $h1$, para la cara 5P, y $h4$, para la cara 7P. A partir de aquí, lo que se plantea es que para cada uno de estos perfiles se desarrolla una variante, la roja.



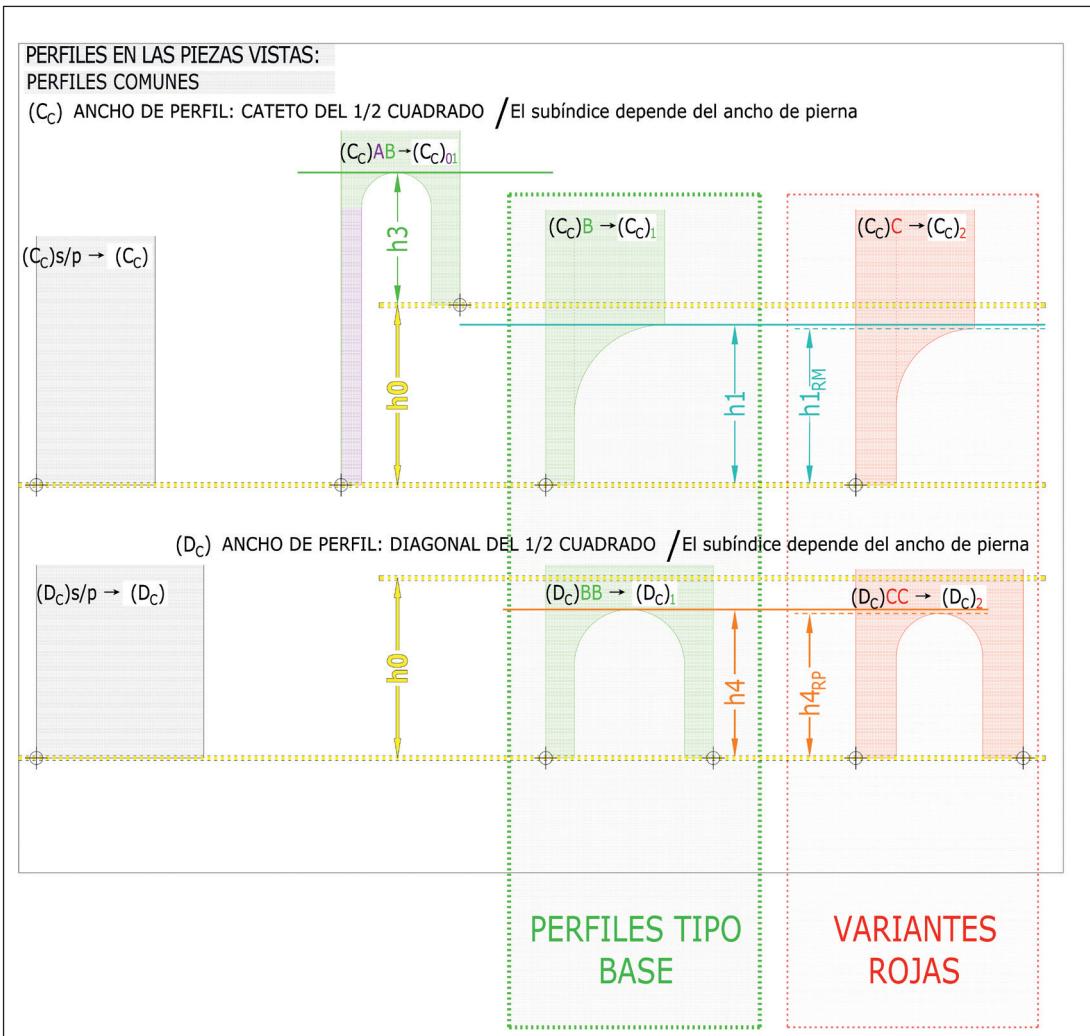


Fig. 15. Esquema de perfiles propuesto en una primera instancia.

Una variante con un ancho de pierna a_2 , y una longitud un pequeño resalto más corta que la longitud de la pierna verde de referencia (fig. 15).

Cabe preguntarse, entonces, qué ocurriría con el perfil que ocupa dos niveles. Por su pierna verde se podría considerar un “perfil tipo base” que se podría duplicar con una variante, pero en esta bóveda no se ha encontrado esa variante.

Solape entre mocárabe y medina

En cuanto al modo en que se solapan los mocárabes con las medianas, se observa de forma generalizada la relación $1-\sqrt{2}$ en el solape de mocárabes y las medianas perimetrales (fig. 16). En cuanto al trazado interior de las medianas, se identifican situaciones interesantes que merecen un análisis detallado.

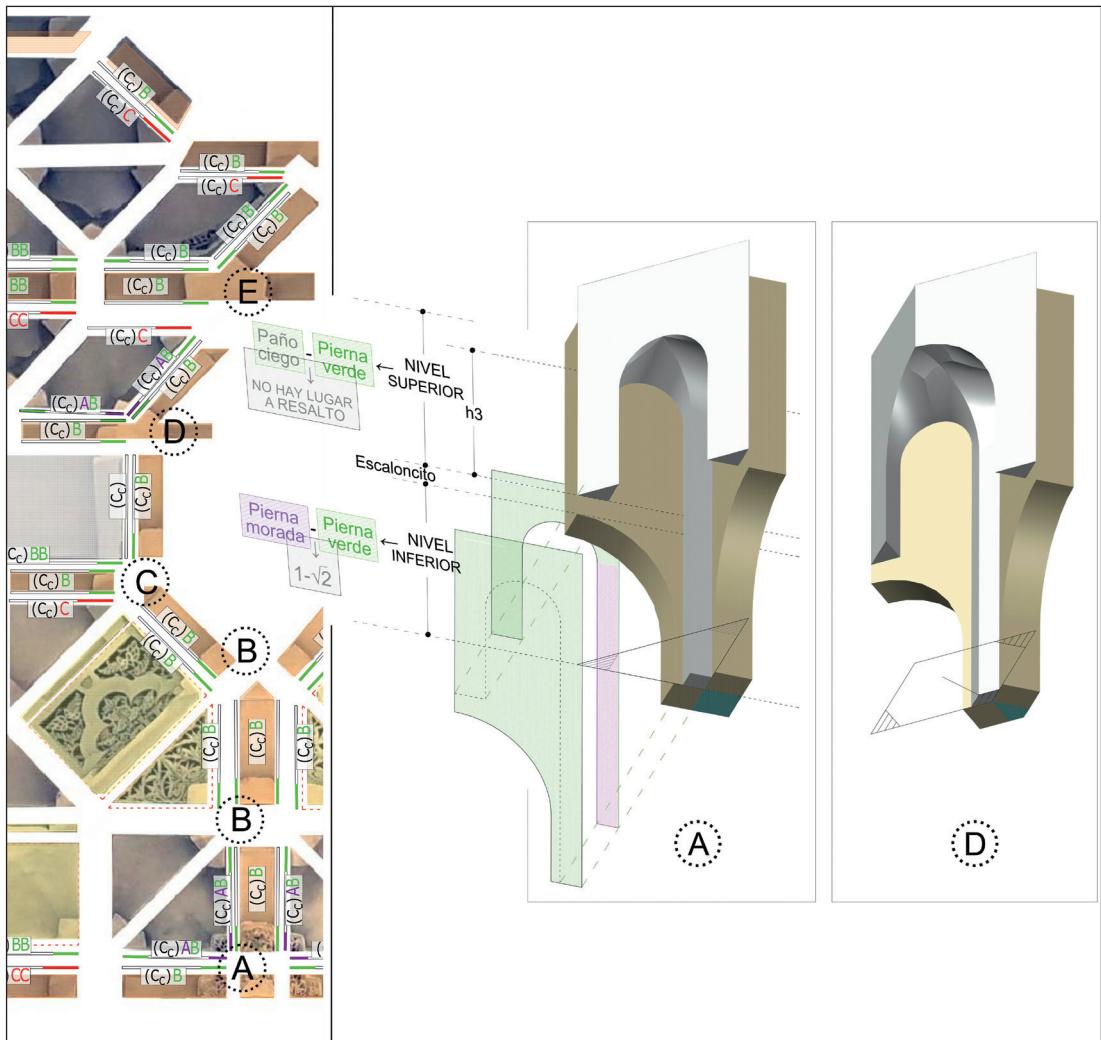


Fig. 16. Análisis 1 del solape entre mocárabes y medianas.

Por ejemplo, en los puntos señalados con A y D en la figura 16 se observa cómo el perfil del mocárabe que ocupa dos niveles —específicamente su pierna larga, morada— arranca del nivel inferior, solapándose con la pierna verde de la medina. Es decir, la pierna del mocárabe resalta sobre la de la medina con una relación $1-\sqrt{2}$. En cuanto a la otra pierna del mocárabe —la verde— se adosa a la medina en un nivel superior al nivel en el que esta desarrolla su perfil, es decir, se adosa a un paño ciego, por lo que no se genera ningún resalte entre piernas en esta zona de contacto.

Siguiendo el recorrido, se identifican dos puntos B en los que, en principio, la relación es verde-verde, es decir, entre iguales. No obstante, los mocárabes en estos puntos forman parte de una composición con filete, lo que implica que parte de su geometría —concretamente parte de su pierna— queda oculta o reducida. Como resultado, se produce un resalte horizontal, aunque se trata de un resalte al que, en principio, no le correspondería un resalte vertical. El resalte vertical que se aprecia

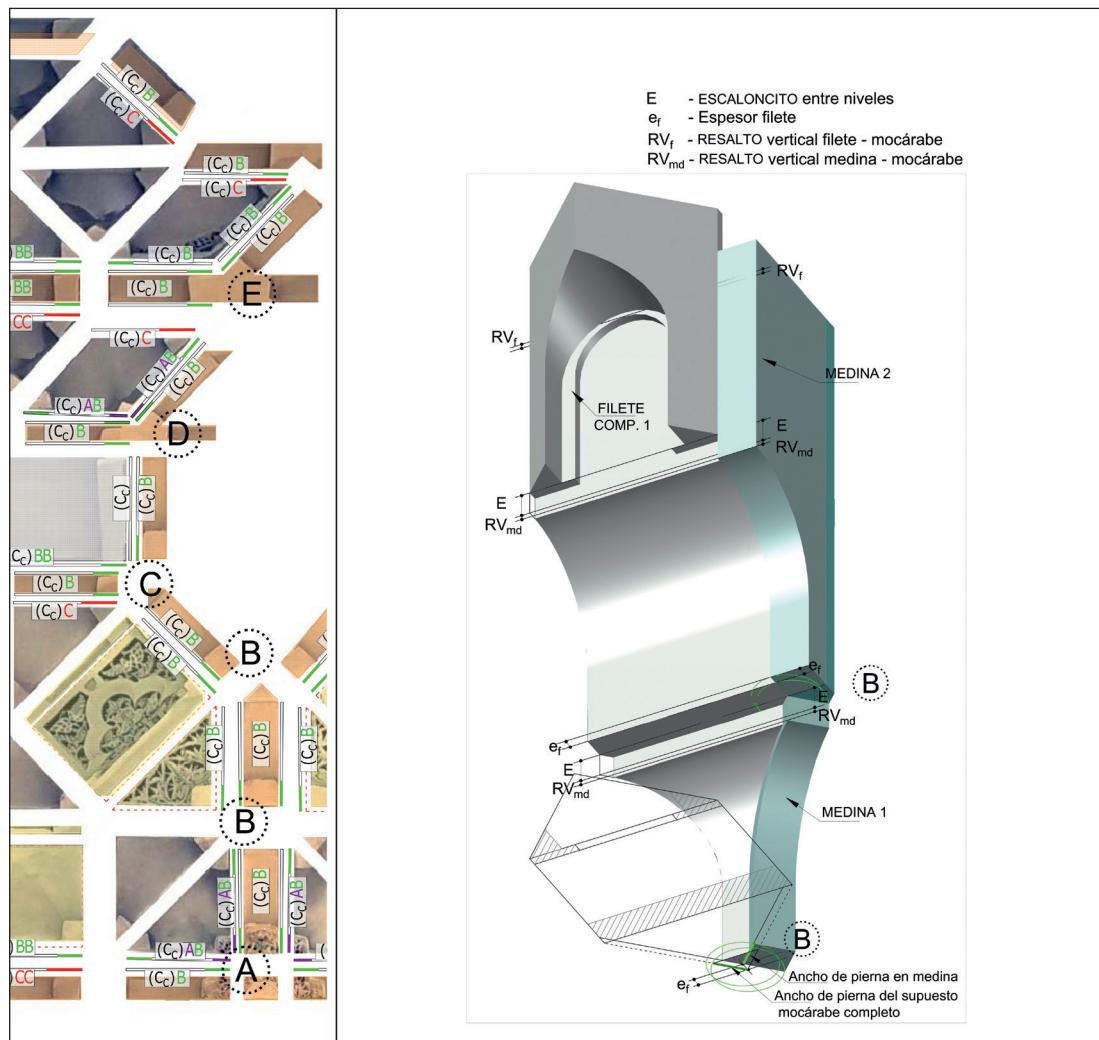


Fig. 17. Análisis 2 del solape entre mocárabes y medianas.

se tendría que forzar modificando el perfil de la medina. Para señalar esta situación particular se ha coloreado dicha medina de azul en la figura 17.

En el punto C, sobre la misma composición analizada anteriormente, se aprecia un tramo de medina con perfil exacto, al que se ha denominado medina 4 (fig. 18). En este caso, el resalto se produce en el sentido inverso: es la medina la que resalta sobre el mocárabe. Su perfil —verde, con pierna larga y estrecha— resalta sobre el perfil rojo del mocárabe, cuya pierna es gruesa y corta. Esta solución tiene sentido, ya que el mocárabe se desarrolla por debajo de la medina.

Perpendicularmente a este punto se observa otro tramo de medina con perfil exacto, se ha denominado medina 3 en el esquema. Encajada entre la medina 4 y dos medianas 3 —la que se aprecia en el detalle y su simétrica— se encuentra una pieza especial situada en un nivel superior al de los perfiles de las medianas. Al no coincidir los perfiles en altura, no se considera la existencia de ningún resalto en este punto.

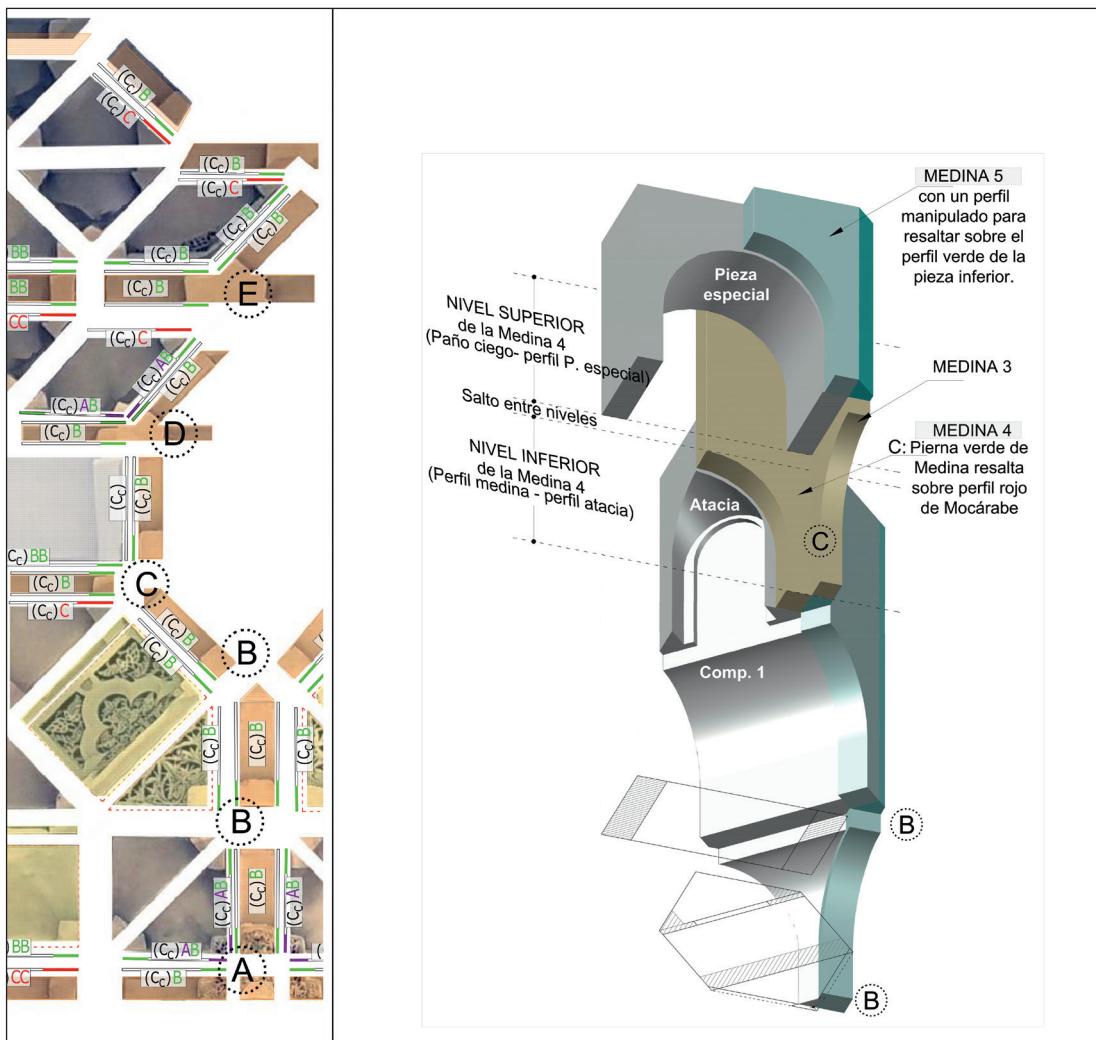


Fig. 18. Análisis 3 del solape entre mocárbabes y medinas.

Adosada a este último mocárabe se identifica otra medina, que se ha marcado en azul, pues para generar el resalto visible en la figura habría que modificar su “supuesto perfil exacto”.

En el punto E observamos la alineación de medianas 7 y 9, cuyos perfiles, en principio, deberían quedar rebajados bajo los mocárbabes que quedan por encima. Para que esto sea posible es preciso modificar el perfil del tramo 9, una situación que se ha señalado coloreando dicha medina en azul (fig. 19).

Se desconoce a qué responde exactamente la medina en estas bóvedas, ya que parece poder responder a situaciones constructivas distintas. Así lo sugiere, por ejemplo, el caso del pequeño cupulín de la macsura de Tremecén⁴, donde la medina

⁴ Almagro, 2015: 199-257.

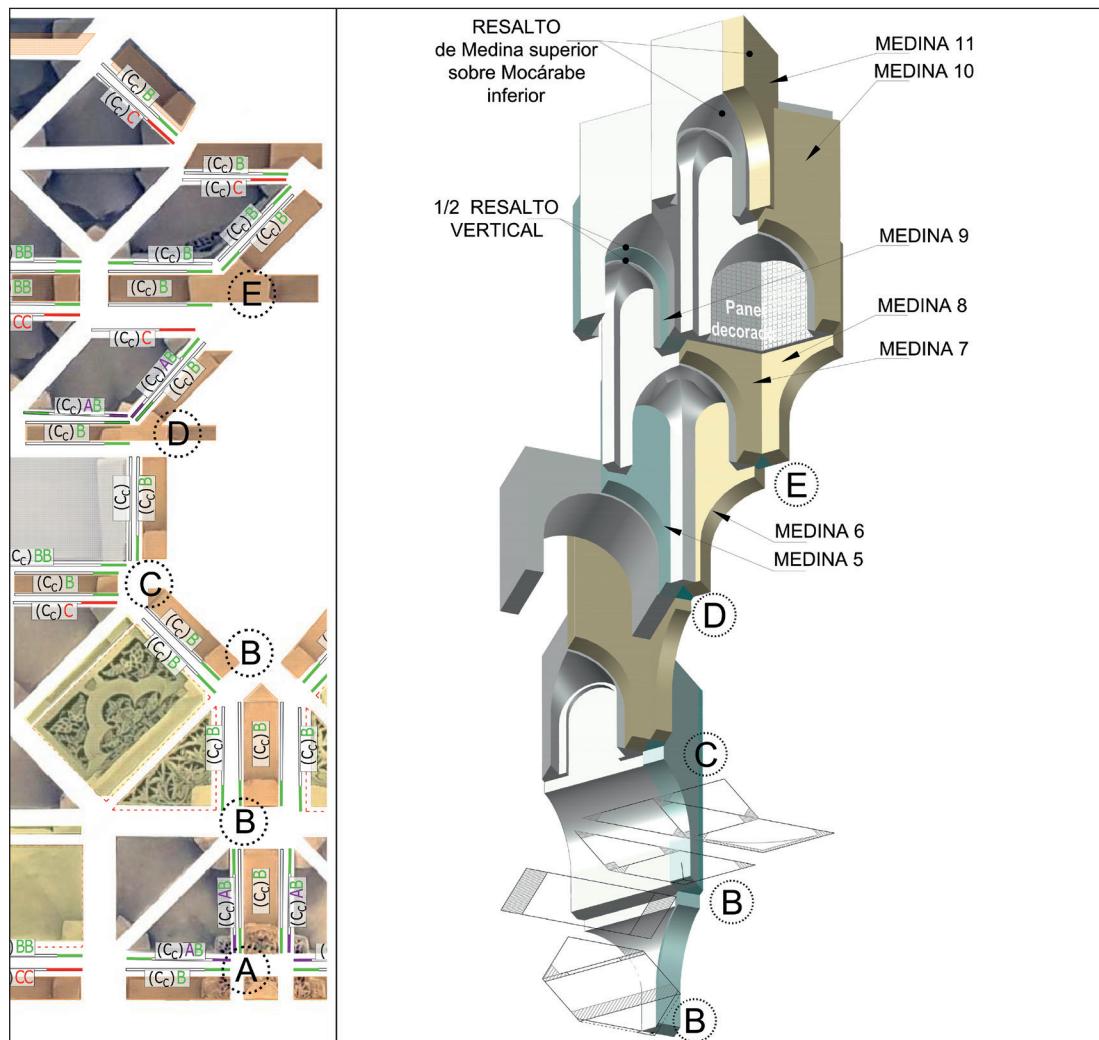


Fig. 19. Análisis 4 del solape entre mocárabes y medianas.

puede ser, según interpretamos, tanto una simple pasta de pegado como un elemento prefabricado, unido al conjunto mediante esa misma pasta⁵.

En cualquier caso, si se tienen en cuenta los nudos en los que confluyen las medianas y los anchos variables que presentan, es plausible pensar que el resultado final haya sido obtenido aplicando una pequeña terraja sobre la pasta de yeso, terminando de conformar así el filete tal y como se aprecia. De ser así, y considerando los tramos azulados marcados en el análisis previo, que hayan tenido que manipular mínimamente su “hipotético perfil exacto”, no parece en absoluto un exceso, sino una adaptación lógica dentro del propio proceso de ejecución.

Lo que sí se constata es que en los tramos de medina con una dirección perpendicular a la base de apoyo esta queda resaltada claramente por los mocárabes

⁵ Piñuela, 2023: 9-54.

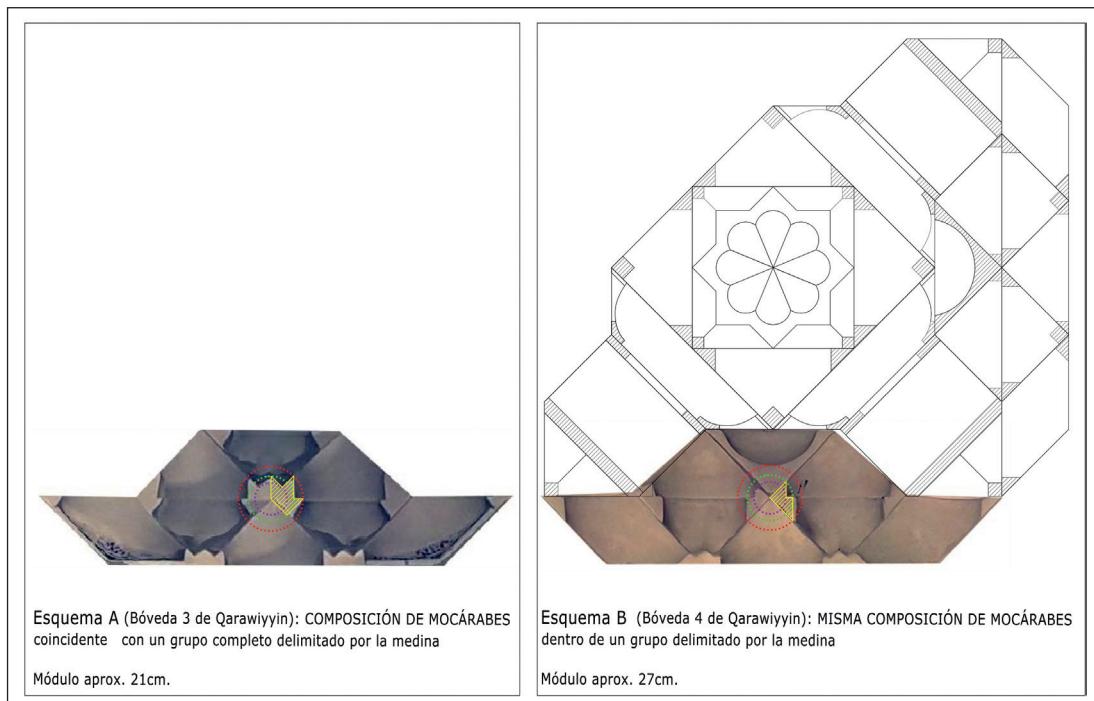


Fig. 20. La misma composición realizada con variantes del mismo tipo de piezas.

situados a ambos lados. En cambio, en los tramos inclinados o paralelos a dicha base se observan dos situaciones distintas: por un lado, los mocárabes cuyo perfil se desarrolla por debajo del de la medina aparecen rehundidos bajo ella, con piernas más cortas y más anchas que las de la propia medina; por otro, los mocárabes cuyo perfil se desarrolla por encima del de la medina resaltan sobre ella. En este último caso, es frecuente que los mocárabes dejen el frente de la medina bastante despejado. Esto puede deberse bien a que desarrollan todo su perfil en un nivel superior al del perfil de la medina, o bien a que lo hacen en dos niveles. En este segundo supuesto, únicamente solapan con el perfil de la medina la parte inferior de su perfil —eso que fray Andrés llamaba “pernezuela”—, mientras que el resto del desarrollo del perfil del mocárabe tiene lugar en el nivel superior.

En la mezquita al-Qarawiyyīn, salvo en el caso de la quinta bóveda —especial por sus proyecciones horizontales—, en el resto pueden identificarse algunas variaciones en las piezas especiales o la incorporación de alguna pieza nueva; sin embargo, se repite el mismo tipo de resaltos horizontales y las mismas relaciones entre grosores de pierna. Si acaso, se observa alguna nueva combinación de perfiles. A modo de ejemplo, tomamos una composición observada en la bóveda 3, que también aparece en la 4 (fig. 20).

Excepto por una nueva atacia, que no afecta al conjunto, el resto de mocárabes son del mismo tipo, aunque no son exactamente iguales. La diferencia se explica por la aparición de nuevos perfiles: por un lado, lo que parece ser una variante del perfil que ocupa dos niveles ya visto anteriormente; por otro, un nuevo perfil

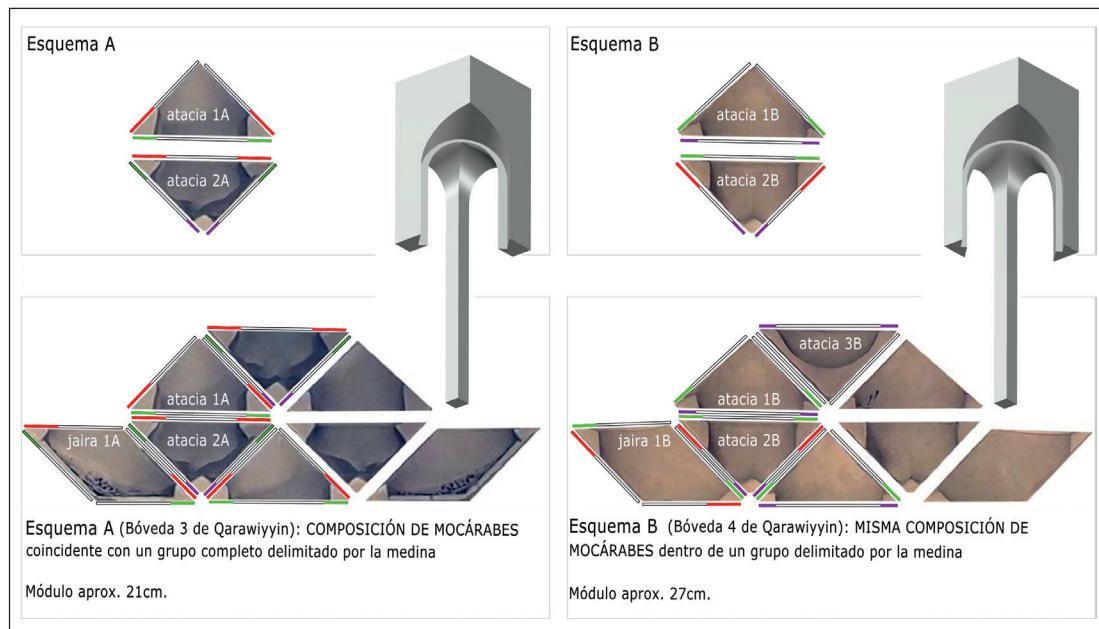


Fig. 21. La misma composición de dos atacias construida con variantes del mismo tipo de piezas.

7P con piernas moradas. Además, aunque con un módulo distinto, también parece identificarse un perfil 5P con pierna morada que cerraría el círculo.

En definitiva, con esta bóveda se amplía el rango de grosores de pierna disponibles para generar combinaciones posibles de perfiles, aunque siempre dentro de un mismo esquema relacional. Se mantienen como base las proporciones ya identificadas: la relación entre iguales; la relación $1-\sqrt{2}$, que parece la más común, y también, extendiendo el esquema, la relación 1-2.

Antes de avanzar en el análisis de los perfiles, conviene detenerse en un aspecto particularmente interesante: en dos bóvedas contiguas de al-Qarawiyīn se repite una misma composición, aunque construida con variantes distintas del mismo tipo de mocárabes. En la bóveda 3 se observaban variantes del perfil, pero no del tipo de pieza, lo cual resulta coherente: dentro de una misma bóveda parece lógico que exista solo una variante por tipo de pieza.

Este hecho pone de manifiesto que en el diseño del desarrollo vertical del conjunto, los perfiles asignados a cada pieza no son aleatorios, sino que deben estar en consonancia con los perfiles de las piezas adyacentes. De este modo, entre todas se ha de conformar un “esquema de relaciones entre piezas” que funcione para ese diseño de bóveda. Un esquema equilibrado cuya lógica apenas comenzamos a entender.

En la figura 21 se muestran dos de estos esquemas aplicados en una misma composición, aunque pertenecientes a bóvedas distintas (la 3 y la 4), cada una con su propio esquema.

Volviendo a los perfiles, si en su momento se propuso partir de un conjunto de “perfiles tipo base” al que se añadiría un grupo de variantes —los perfiles rojos—,

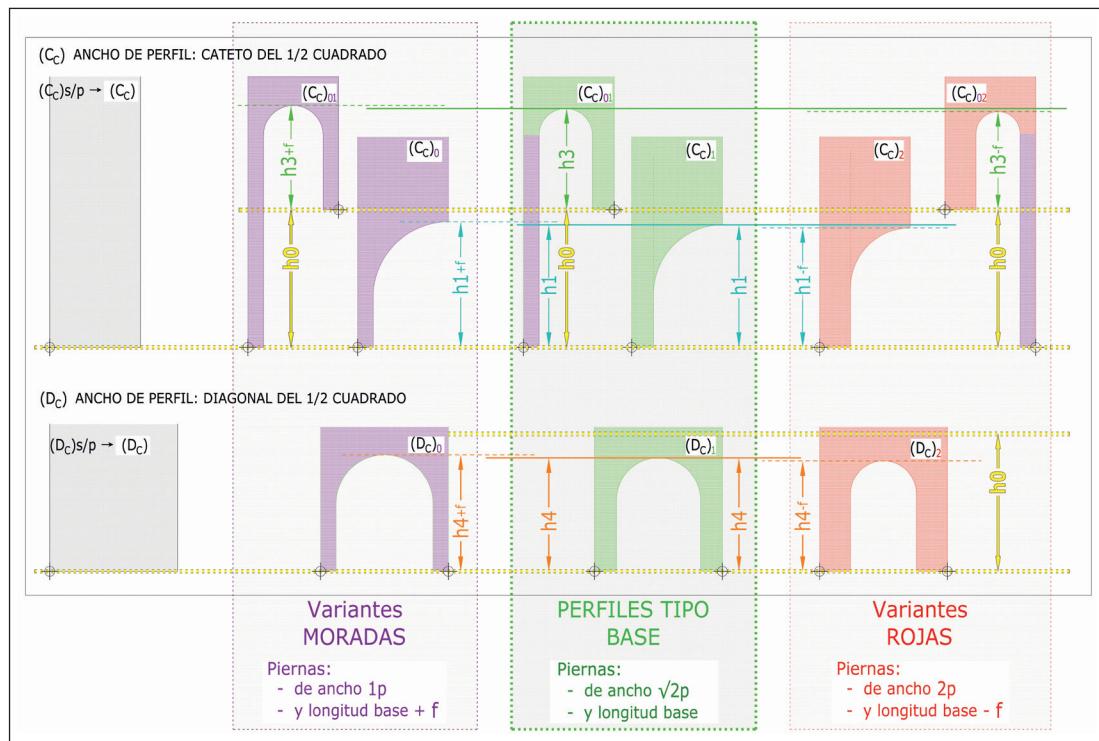


Fig. 22. Esquema definitivo de perfiles propuesto para las bóvedas almorávides de al-Qarawiyīn.

ahora la propuesta se amplía: a ese conjunto inicial de perfiles tipo base podrían sumarse hasta dos juegos adicionales de variantes. Por un lado, los perfiles rojos, con piernas de ancho a_2 y de largo, el largo de la pierna verde de referencia, menos un pequeño resalto; por otro, los perfiles morados, con piernas de ancho a_1 y de largo, la longitud de la pierna verde de referencia, más un pequeño resalto.

No se trata de que todos estos perfiles deban aparecer necesariamente en una misma bóveda, sino de ampliar el abanico de anchos de pierna disponibles, dentro del cual se pueden establecer las relaciones de solape entre perfiles.

¿Qué se podría decir de este “esquema de perfiles” en relación con los que explican Arenas y fray Andrés?

Como se ha señalado, no es posible asignar un valor exacto para “a”, sin embargo, a modo orientativo, el valor utilizado en los esquemas presentados de al-Qarawiyīn se aproxima a $1/6$ del módulo, es decir, del valor 5P.

Resulta más complejo determinar este valor en los ejemplos de la mezquita Kutubiyā, donde podría situarse entre $1/9$ y $1/11$ del módulo. En cualquier caso, estos valores son distintos a los que plantean fray Andrés de San Miguel y López de Arenas.

No obstante, se identifican los mismos tipos de perfiles, las mismas relaciones entre anchos de pierna e incluso la diferencia de grosores entre variantes de un mismo tipo de perfil parece prolongarse a lo largo de su desarrollo, generando también un resalto vertical.

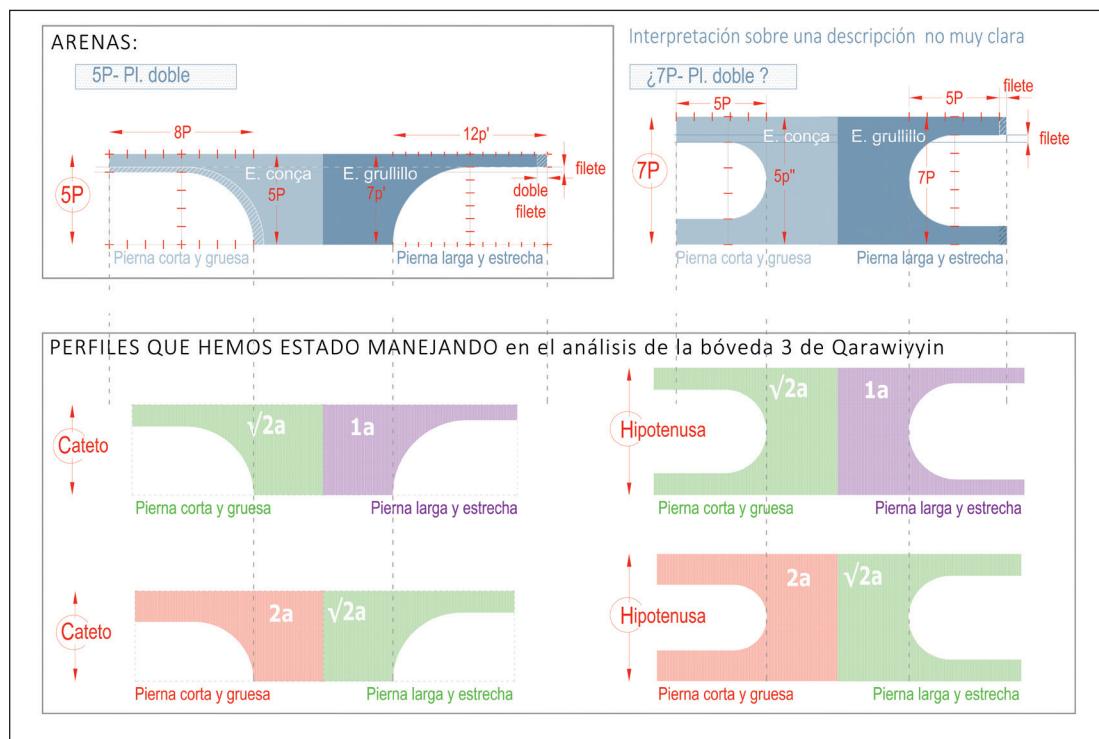


Fig. 23. Comparación de perfiles.

En definitiva, aunque en la carpintería estas reglas pudieron haberse simplificado o modificado, parece que estamos ante el mismo tipo de esquema.

LA MEZQUITA DE TINMAL

Tinmal se encuentra en el Alto Atlas y fue, en sus orígenes, el centro espiritual del movimiento almohade más temprano. En esta aldea se estableció y falleció en el año 1130 el *mahdī* Ibn Tūmart, fundador de este movimiento reformista y religioso.

La mezquita de Tinmal, construida entre 1153 y 1154, quedó estrechamente vinculada al sepulcro del *mahdī*. Se trata de un edificio conmemorativo que constituye un modelo característico de las mezquitas almohades: un prototipo que sirvió de referencia para otras construcciones almohades⁶.

El 8 de septiembre de 2023, un terremoto con epicentro a solo 23 kilómetros de la mezquita provocó prácticamente su ruina total. Se perdió lo que se conservaba hasta esa fecha de las bóvedas de mocárabes. Completa permanecía, además del pequeño cupulín del mihrab, la bóveda situada en el ángulo oriental de la nave de

⁶ Almagro, A. (dir.), ATARAL, Atlas de Arquitectura Almohade, Real Academia de Bellas Artes de San Fernando: <https://www.ataral.es>

la quibla. Existieron otras dos bóvedas en esta misma nave, de las que se conservaba poco: la central, frente al mihrab, y la del extremo occidental.

La intención es proponer, para cada una de ellas, en primer lugar, un esquema plano en planta y, en segundo lugar, un modelo tridimensional. Para ello nos apoyaremos en los elementos y las consideraciones presentadas en la primera parte de este estudio.

Iniciamos el análisis por la bóveda situada en el extremo oriental de la nave de la quibla, identificada como T1 en el esquema en planta de la mezquita (fig. 24a). Esta reconstrucción se apoya en la planimetría levantada por Christian Ewert y en las fotografías realizadas por Antonio Almagro.

Realizar un esquema plano de esta bóveda supone un auténtico reto. A simple vista se aprecian piezas cuya proyección horizontal, aunque guardan cierto parecido con alguna de las formas básicas de los mocárabes en Occidente, se apartan notablemente de ellas. La segunda dificultad reside en su esquema de medianas. Por un lado, su grosor parece único, es decir, no es la medina con su grosor la que se adapta a los grupos de mocárabes, sino que son estos los que deben ajustarse a un esquema de medianas de “grosor único”. Por otro lado, el propio diseño del esquema presenta particularidades. En apariencia se trata de un esquema sencillo y limpio, pero no responde al tipo habitual en este tipo de bóvedas, es decir, no se ajusta al esquema de grupos redondeados que se van engarzando en anillos. Esta observación no es menor, pues con este esquema resulta difícil establecer la relación de la medina con los mocárabes situados a uno y otro lado de ella cuando estos adoptan en planta las formas básicas.

Antes de continuar, es necesario hacer una consideración que ha tenido un peso importante en el levantamiento del esquema plano inicial, base para la creación del modelo 3D. Por el momento, entendemos que antes de la construcción de una bóveda de este tipo se buscaba no tanto un plano definitivo, sino un esquema de partida. Un esquema que, aunque contara con piezas especiales, sería geométricamente lo más perfecto posible, de manera que facilitara la prefabricación de la mayoría de las piezas, incluso si luego estas debían ser terminadas o ajustadas *in situ* durante el proceso.

Es posible que los esquemas de las primeras bóvedas se preparasen específicamente para adaptarse a la forma en planta que se debía cubrir, pero también cabe pensar que, muy pronto, se adoptara un patrón lineal de mocárabes y medianas como sistema base. En cualquiera de los dos casos, la medina, en “ese esquema de partida” que proponemos, no tendría grosor, sino que funcionaría únicamente como un trazo que articula y cuartea el esquema. El grosor de la medina en el arranque sería una variable determinada en el momento del replanteo.

Pero, ¿por qué este elemento? Por ahora solo se manejan líneas muy generales sobre su evolución. La red de filetes parece surgir de la necesidad de camuflar un elemento auxiliar empleado en el montaje de los mocárabes. Este primer estadio de la medina cambia con el tiempo: deja de ser —o de encubrir— un mero recurso auxiliar y pasa a constituir un esquema de definición de piezas compuestas, es

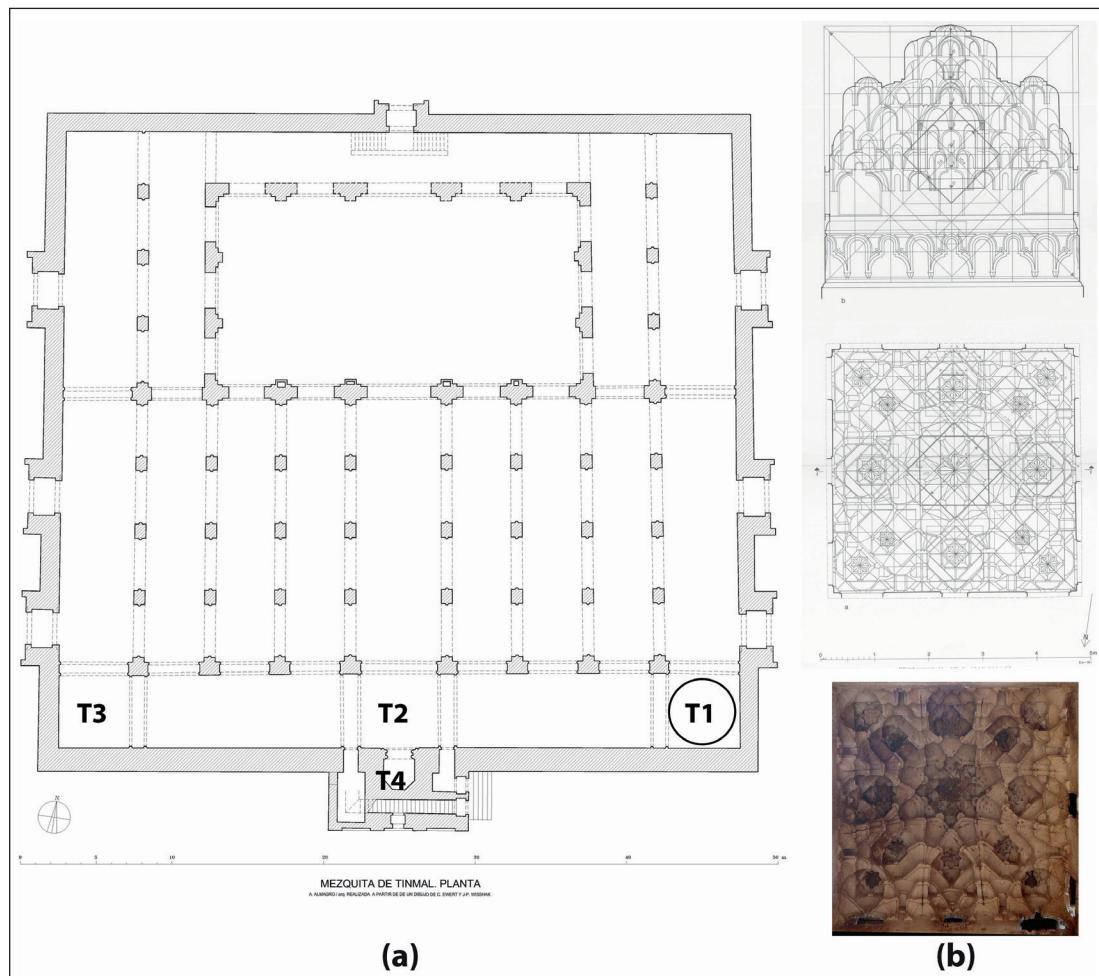


Fig. 24. (a) Ubicación en planta de la bóveda T1 sobre el plano de la mezquita según Christian Ewert.
 (b) Detalles de T1: planos de Ewert y fotografía de Antonio Almagro.

decir, un nuevo tipo de pieza prefabricada. No se conoce en detalle cómo se da ese proceso de transformación. Es posible que, durante un tiempo, la medina, aun habiendo dejado de ser un elemento auxiliar, con su grosor permitiera absorber los desajustes propios del proceso de obra. No sabemos hasta qué punto y hasta cuándo esta función pudo hacerla imprescindible, en cualquier caso, ese estadio se superó. En cuanto a la ubicación de las bóvedas de Tinmal dentro de este proceso, podría decirse que están más cerca del primer estadio que del último. No obstante, esta afirmación no aporta demasiado, dado el trazo grueso que del proceso tenemos por ahora.

¿Cómo se acometería el replanteo de una bóveda en un espacio determinado a partir de este “supuesto esquema de partida” que proponemos?

Imaginemos una bóveda cuadrada: para poder empezar la obra, habría que determinar el valor del módulo del mocárabe (m_1) y el grosor de la medina (g) que permitieran instalar un esquema concreto —ya sea en planta o como patrón lineal—

en el espacio a cubrir. Es frecuente encontrar en las bóvedas tempranas de mocárabes, como son las almorávides o las almohades, la coexistencia de varios módulos distintos; sin embargo, también es habitual que el arranque se resuelva con un solo módulo. Si acaso, a veces hay una pieza entre medianas —normalmente un medio cuadrado— que responda a otro módulo. En cualquier caso, la geometría siempre permite contabilizar este supuesto dentro del procedimiento. Un procedimiento que no dista mucho del que esboza Arenas unos cuantos siglos después.

Por un lado, se considera el lado del espacio que debe ocupar la bóveda (L_1), y por otro, el lado del esquema de partida que se pretende instalar (L_2). Este último se compone de dos partes: la suma de lo que miden los mocárabes (xP) y la suma de lo que miden las medianas (yG).

Para calcular lo que ocupan los mocárabes en el arranque, se asigna el valor “5P” al cateto del medio cuadrado, que coincide también con el lado de las jairas, el lado corto de las conchas o el lado largo de las almendrillas. Asimismo, se utiliza la aproximación “7P” para la hipotenusa del medio cuadrado, que coincide, por ejemplo, con el lado largo de las conchas. De este modo, se obtiene la medida del conjunto de mocárabes del esquema a insertar, expresada en unidades “P”.

El valor correspondiente a las medianas se obtiene multiplicando el número de medianas por el grosor que estas tendrán en el arranque. En este cálculo es importante considerar la dirección que llevan las medianas en el arranque, si es perpendicular o a 45° ⁷.

En definitiva, en la fórmula que relaciona el esquema de partida con el espacio a cubrir intervienen dos variables: P —más concretamente 5P, correspondiente al módulo de los mocárabes— y G, que representa el grosor de las medianas. Ambas pueden ajustarse dentro de un rango de valores adecuados hasta dar con el lado del espacio a ocupar (L_1).

$$L_1 = L_2 = xP + yG$$

Esos valores adecuados han ido variando a lo largo del tiempo; se ha observado cómo se ha ido reduciendo tanto el módulo del mocárabe como el grosor de la medina. En el ámbito de la carpintería de lo blanco, Arenas, a comienzos del siglo XVII, describe una relación entre el módulo del mocárabe y el grosor de la medina. Es muy probable que dicha relación existiera ya desde los primeros momentos, y que, de ser así, también haya experimentado una evolución a lo largo del tiempo. Solo a nivel geométrico, queda mucho por analizar.

Otra variable que se ha de considerar en el replanteo es el propio esquema. Estudios previos han mostrado cómo un patrón lineal puede ampliarse (Piñuela, 2023) e incluso modificarse mediante la inserción de alguna nueva columna o cadenas de mocárabes dentro de una columna ya existente (Piñuela, 2022).

En cualquier caso, con un módulo y un grosor de medina como datos de partida, podría iniciarse el montaje de la bóveda. Una vez cerrado el primer anillo, este

⁷ De nuevo aparece la relación $1-\sqrt{2}$, o, en su forma aproximada, la relación 5-7.

condiciona tanto el segundo anillo de grupos como las variaciones en los grosores de medianas en las bifurcaciones. Y en este condicionamiento no interviene solo la geometría del esquema, sino también los desajustes propios de la obra que se van acumulando. Es posible que, en buena medida, sea esta la causa de buena parte de los cambios de módulo y de las variaciones en las piezas que se observan en una misma bóveda en este periodo. Pero, si esto fuera así, habría que asumir la imposibilidad de levantar con exactitud el “hipotético esquema de partida” a partir de una bóveda ya construida.

Todo indica que, con el tiempo, el procedimiento se fue depurando hasta el punto de que en lugar de introducir mocárabes sueltos o piezas elementales, en el anillo se insertaban piezas compuestas: elementos igualmente prefabricados, de mayor envergadura, quizá más por su complejidad que por su tamaño, pero que, en cualquier caso, ya llevaban resueltas todas sus juntas interiores. Es en este momento cuando comienzan a aparecer esquemas geométricamente más complejos, precisos y perfectamente modulados. La razón parece clara: la medina resuelve, si no todas, prácticamente todas las uniones de piezas prefabricadas, de modo que su grosor queda supeditado a formas ya definidas, reduciéndose la complejidad del montaje al mero ajuste de los grosores de las medianas. En el estadio inicial, en cambio, en cada anillo no solo era necesario ajustar el grosor de las medianas, sino también los mocárabes, modificando su módulo, alterando su geometría o incluso creando piezas especiales.

La bóveda T1 presenta, en principio, un esquema sencillo y claro, pero —como ya se ha señalado— se trata de un esquema que no encaja dentro del tipo de esquema observado en otras bóvedas. En ningún otro caso como en este ha surgido la pregunta sobre qué tipo de mocárabes pretendían insertar, de cómo era ese esquema de partida.

En cualquier caso, se ha cerrado un esquema plano hipotético para esta bóveda. En buena medida, esta comunicación tiene como propósito recoger las dudas que han surgido durante su elaboración.

Cómo criterio de partida, se ha procurado que el mayor número posible de mocárabes mantengan formas básicas exactas y que los perfiles de las medianas se relacionen de la manera más coherente posible con los perfiles de los mocárabes adyacentes. Las deformaciones que ha sido necesario introducir se han concentrado en dos de los tres recortes señalados en la figura 25. El tercero se incluye en el esquema únicamente para dejar constancia de que no se ha incorporado al modelo propuesto una deformación que, aunque claramente visible en la bóveda, se interpreta como resultado del proceso constructivo y no como parte del esquema de partida. Se trata del recorte I de la figura 25.

En la fotografía —tal como lo refleja Ewert en su plano—, en este primer recorte perteneciente al segundo grupo de esquina se distinguen dos triángulos que, si bien se apartan de una forma básica, se aproximan más al dumbaque que a la atacia; un trapecio muy próximo a la conça; y una atacia con un módulo sensiblemente mayor que el del resto de las piezas del grupo. Es cierto que esta

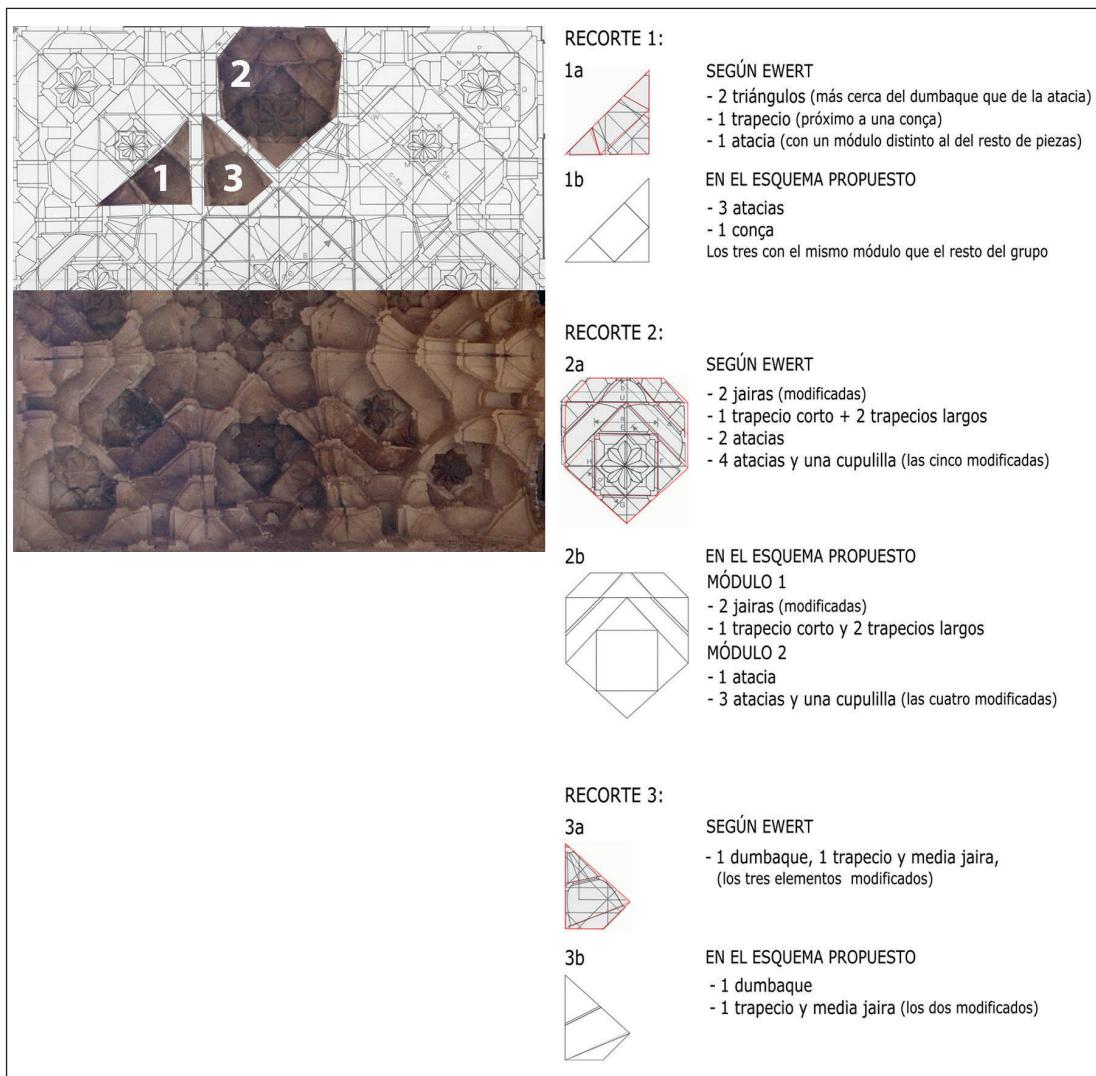


Fig. 25. Notas sobre decisiones adoptadas para el esquema plano de la bóveda T1.

configuración se repite por igual en los cuatro ángulos, pero en el esquema aquí propuesto aparecen tres atacias y una conça, todas ellas con el mismo módulo que el resto de las piezas del grupo. La variación respecto a lo habitual estaría en el desarrollo vertical de dos de las atacias, cuyo diseño provoca un descenso en la cara de la hipotenusa.

En los otros dos recortes, 2 y 3, prácticamente todas las piezas están modificadas y ajustadas. En el esquema propuesto, al resto de mocárabes se les ha dado una forma básica exacta.

En la figura 26 se representa el esquema en planta que se ha utilizado como base para levantar el modelo 3D. En él se distinguen, mediante el uso de color, los dos módulos considerados: el módulo principal, con el que arranca la bóveda en el perímetro, representado en color crema; y el módulo con el que cierra la bóveda en

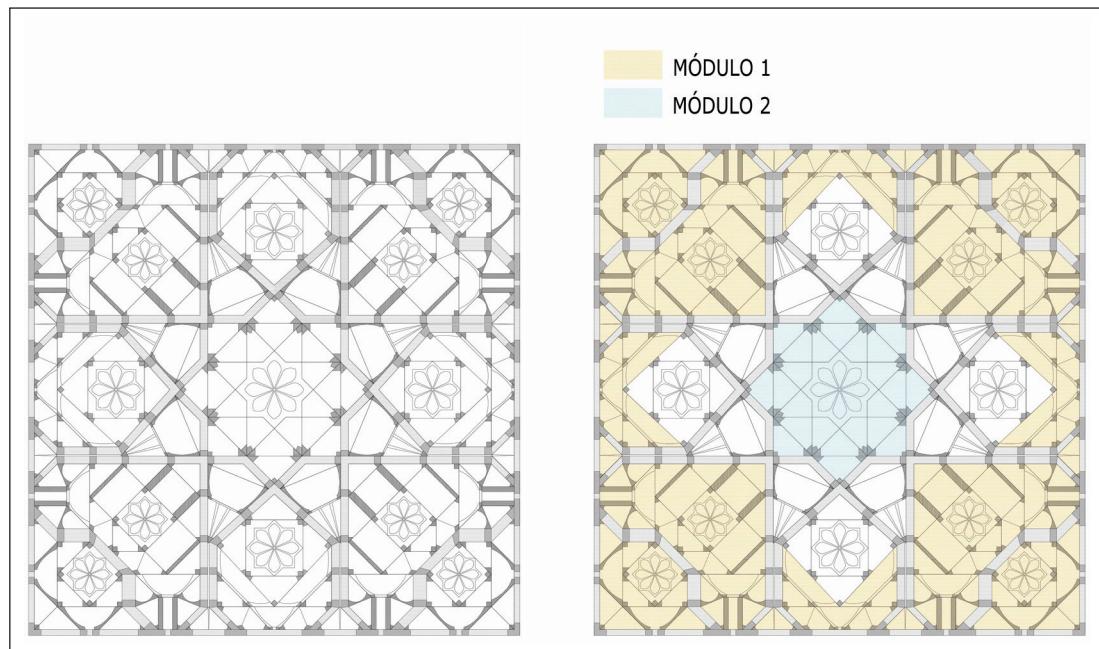


Fig. 26. Esquema en planta de la bóveda T1.

el centro, en azul. La zona que queda sin colorear corresponde a piezas modificadas de las cuales no es posible establecer un módulo, ya que presentan caras especiales.

Para la construcción de los perfiles que han servido de base en el 3D (fig. 27) se han seguido tanto las observaciones como el procedimiento aplicado en el estudio de la bóveda 3 de la mezquita al-Qarawiyīn, inmediatamente anterior a la de Tinmal. Las medidas en altura se han tomado de la sección de Christian Ewert, mientras que las medidas en planta se han obtenido a partir del análisis de la fotografía.

La siguiente bóveda corresponde a la parte central de la nave de quibla, situada justo delante del mihrab e identificada como T2 en el esquema en planta de la mezquita (fig. 24a).

Antes de adentrarnos en su análisis, conviene mencionar un estudio que también la aborda y que ha salido a la luz recientemente⁸. Este trabajo se enmarca en el proceso de restauración de la mezquita, iniciado en 2021 por el Ministerio de Habous y Asuntos Islámicos de Marruecos. Con el objetivo de documentar el estado real de las bóvedas de mocárabes, se recurrió a técnicas avanzadas de lasergrametría. Los datos obtenidos mediante este procedimiento, antes de la desaparición de las bóvedas a causa del terremoto, se han revelado invaluables para su análisis.

El citado trabajo analiza los restos de la bóveda central registrados antes del seísmo y propone una hipótesis del conjunto a partir del estudio de cúpulas contemporáneas y de la aplicación de lo que los autores definen como *tres principios básicos*. En cuanto a los resultados, puede señalarse que, en líneas generales, coinciden

⁸ Loukidi / Rkha Chaham / Bahjaoui / Amrani Abourouh / Bensallam, 2024: 108-114.

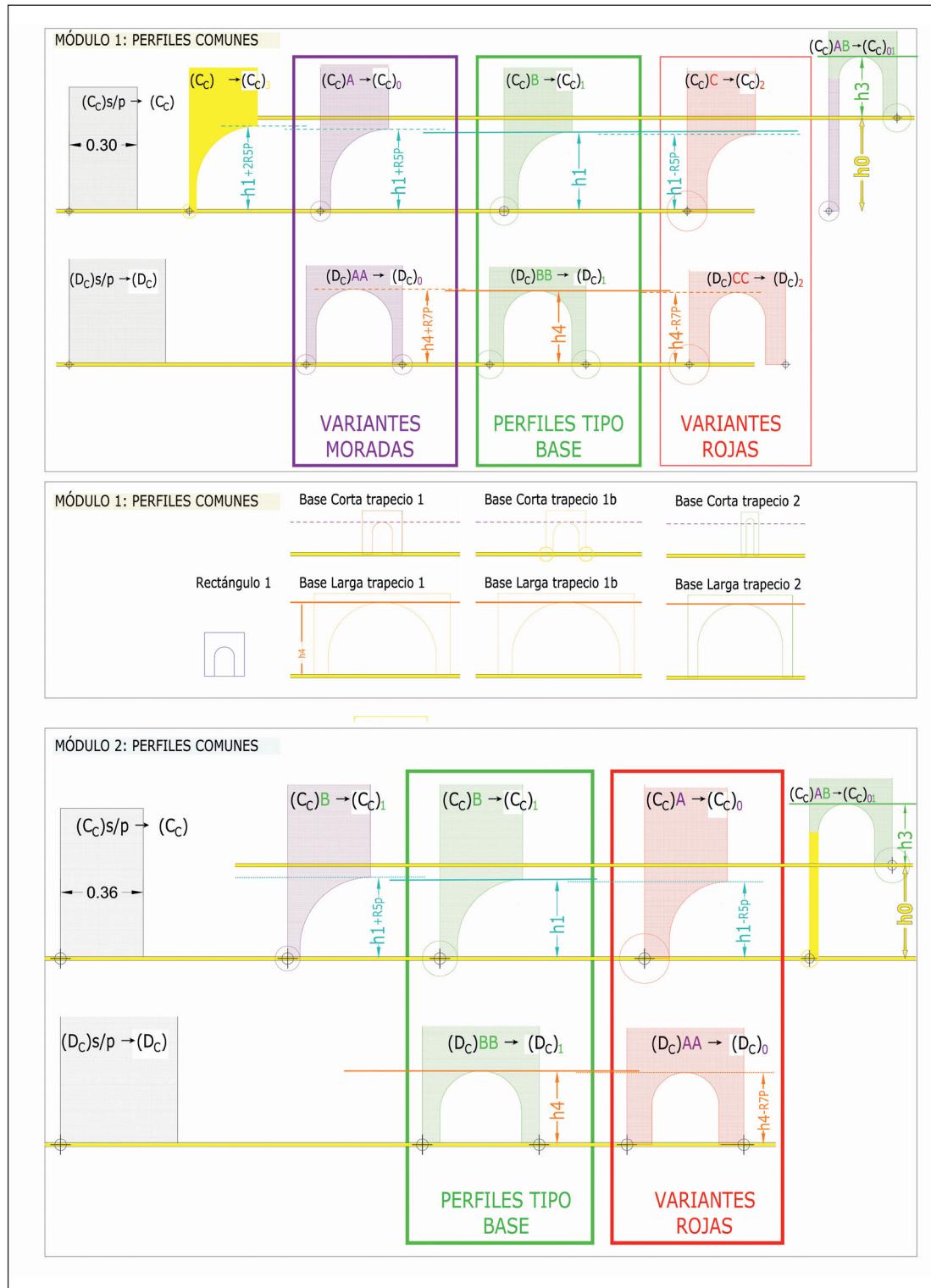


Fig. 27. Levantamiento de perfiles de la bóveda T1, elaborado combinando las medidas verticales tomadas de la sección, de Ewert, y las medidas en planta estimadas a partir de la fotografía de Antonio Almagro.

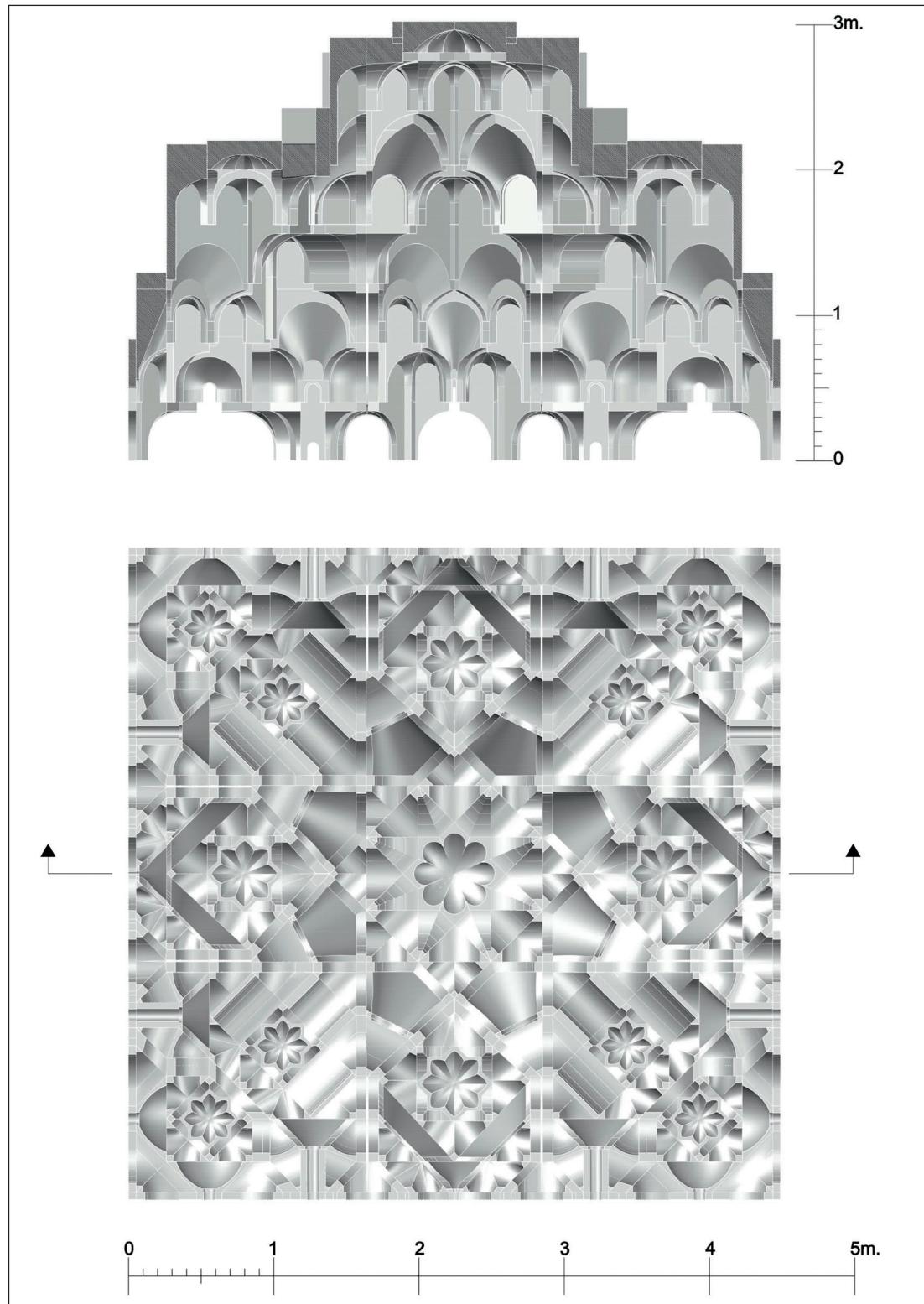


Fig. 28. Planta y sección del modelo tridimensional elaborado para la bóveda T1.



Fig. 29. (a) Esquema inicial en planta de la bóveda, mostrando parte del primer anillo que integra una estructura característica de composiciones con filete. La línea roja discontinua indica el límite entre las piezas conservadas y aquellas restituidas por simetría para completar la Fase I. (b) Fotografía de los restos de la bóveda T2 antes del terremoto.

con nuestro trabajo en la definición del anillo perimetral, pero difieren en la propuesta para la parte central. Cabe señalar, no obstante, que en ambos casos se trata de hipótesis sustentadas en criterios interpretativos. En cualquier caso, resulta especialmente enriquecedor que un mismo elemento sea abordado desde metodologías tan distintas, ya que ello amplía la comprensión y alimenta el debate académico.

En adelante volveremos a referirnos a este estudio, en particular a una fotografía de gran interés que nos ha llevado a introducir, a modo de inciso, un esbozo de propuesta de montaje para esta bóveda.

Retomando el análisis, la traslación simétrica de los elementos apreciables en la fotografía hacia las zonas periféricas donde no se conservan permite completar lo que hemos denominado Fase I en la figura 29. Dentro de esta fase se incluye la composición con filete mencionada previamente, no porque se aprecie claramente en la imagen, sino porque el par *atacia-conça* ocupa una posición y una distribución características de este tipo de composición. Asimismo, en la figura se ha indicado con una línea roja discontinua la separación entre las piezas identificables en la fotografía y aquellas restituidas por simetría.

En la figura 30 se representa la Fase 2, correspondiente a la propuesta de cierre de los grupos que comienzan a conformarse en los ángulos durante la Fase I. Este cierre se resuelve mediante pequeñas cupulillas, un recurso habitual en otras bóvedas de mocárabes contemporáneas. Por ello, en términos generales, no existen grandes dudas sobre cómo se habrían completado dichos grupos y, con ellos, el primer anillo.

En composiciones próximas en el tiempo se observan disposiciones semejantes a la que empieza a definirse en esta bóveda. Un ejemplo claro es la cuarta bóveda

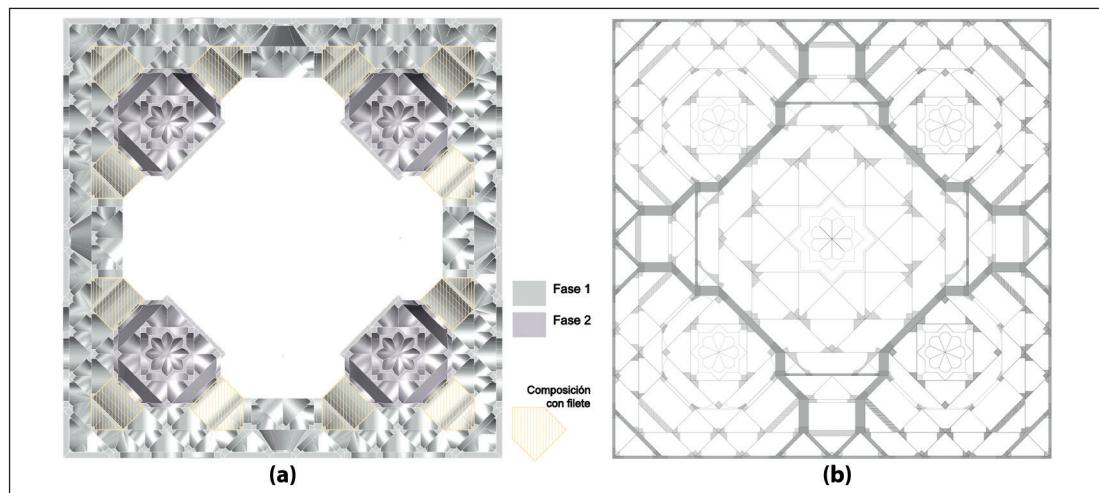


Fig. 30. (a) Esquema del primer anillo de la bóveda T2 de Tinmal. (b) Esquema de la cuarta bóveda de al-Qarawiyyīn.

de al-Qarawiyyīn (fig. 30b). Ambas comparten la forma en la que se inicia la red de medinas y el arranque de un gran grupo en el ángulo que, en el caso de al-Qarawiyyīn, se cierra con una pequeña cupulilla muy similar a la representada en la figura 30a. En ambos casos, los grandes grupos angulares ocupan prácticamente todo el lado de la bóveda, dejando apenas un estrecho espacio para un grupo adicional en la parte central.

Es habitual que, en los esquemas de estas bóvedas, los grupos que arrancan con mayor desarrollo evolucionen hacia el interior de la bóveda reduciendo su tamaño, mientras que aquellos que parten con menor dimensión lo hagan creciendo. En cualquier caso, una vez cerrado el primer anillo, no parece quedar mucho margen para incorporar nuevos anillos antes del cierre en cúpula. Por ello, tiene sentido que lo que se desarrolle a continuación sea directamente un gran grupo central, como puede observarse en el ejemplo de al-Qarawiyyīn.

En las figuras 31 y 32 se presentan dos versiones muy próximas. En la primera se usa el mismo tipo de piezas de transición hacia el cierre con cúpula que se observa en el ejemplo de al-Qarawiyyīn; en la segunda, se introduce alguna pequeña variación respecto a este modelo.

Antes de continuar con la siguiente bóveda, conviene detenerse en la fotografía ya mencionada del estudio de Abdelhak Loukidi, Khalid Rkha Chaham, Taoufiq Bahjaoui, Mohamed Amrani Abourouh y Saad Bensallam sobre la bóveda central. Esta imagen merece especial atención, pues podría aportar una clave fundamental para comprender las piezas constructivas que conformaban la bóveda. En ella parece distinguirse con bastante claridad una de estas piezas. En la figura 33, sobre la fotografía en cuestión, se presenta la interpretación que proponemos de esta pieza.

Se trata de la pieza constructiva correspondiente a un mocárabe desarrollado en dos niveles, cuya planta adopta la forma de medio cuadrado. En el nivel superior, la volumetría visible para el espectador se complementa, en la misma pieza, con

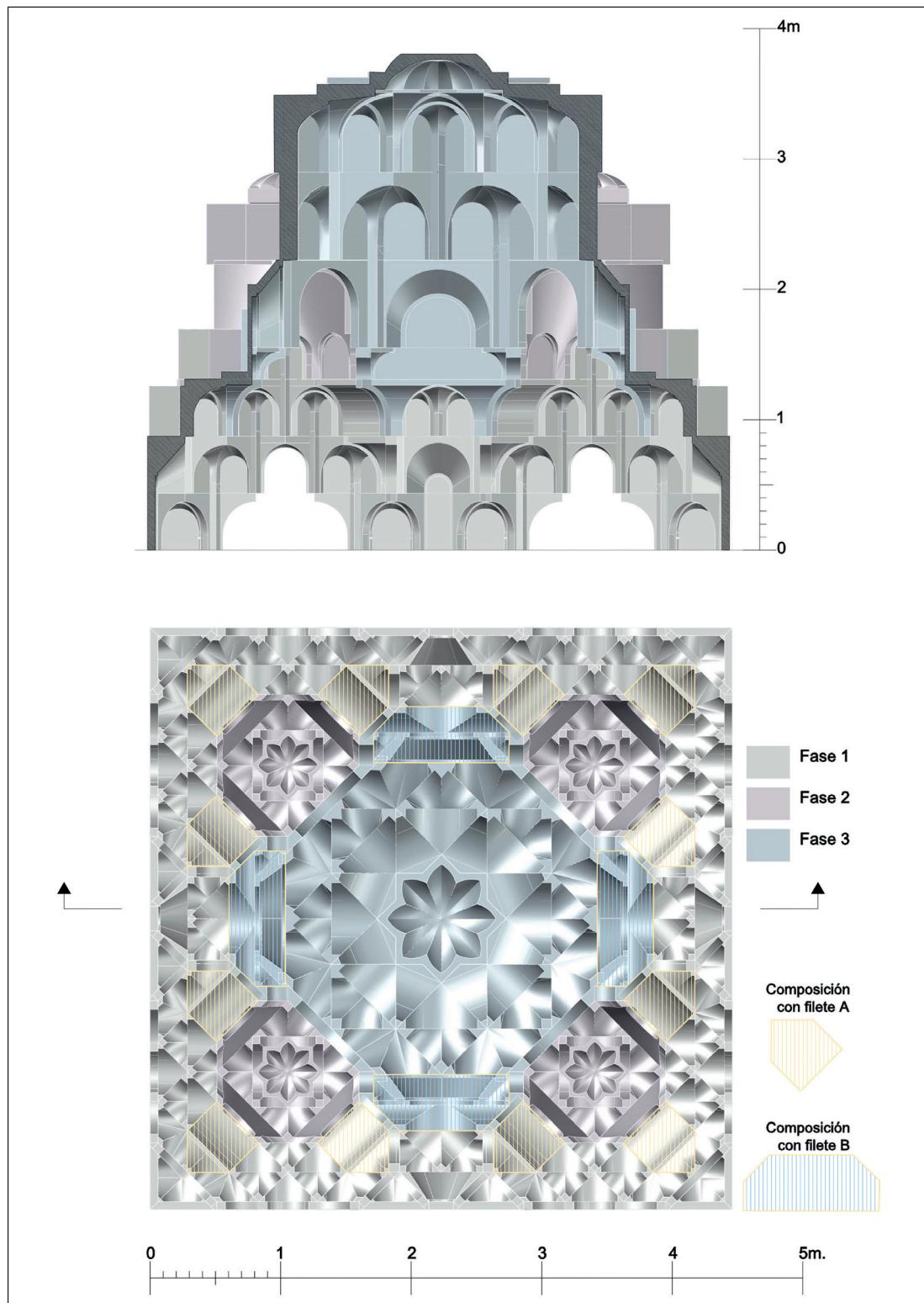


Fig. 31. Planta y sección de la primera versión del modelo tridimensional elaborado para la bóveda T2.

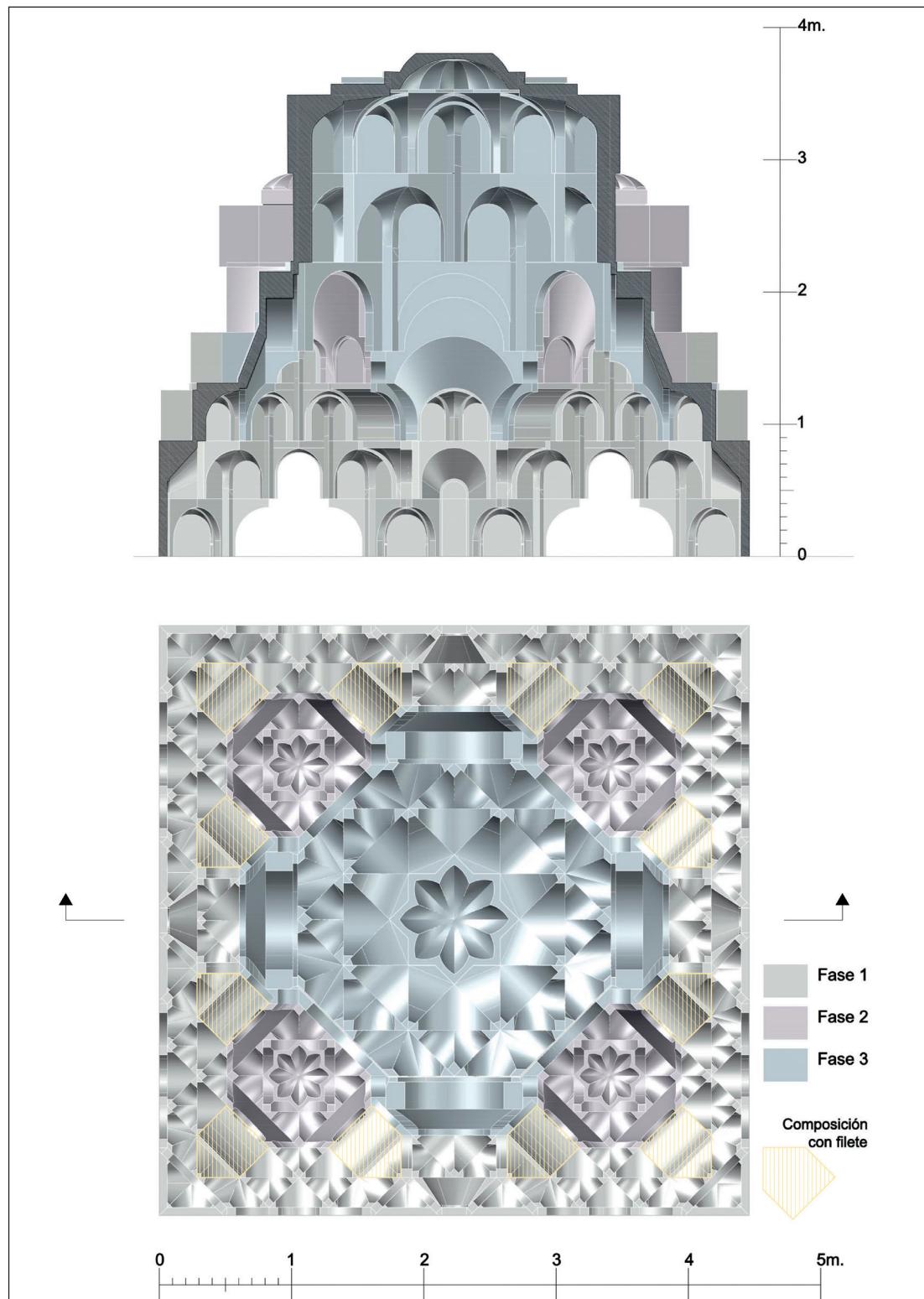


Fig. 32. Planta y sección de la segunda versión del modelo tridimensional elaborado para la bóveda T2.



Fig. 33. Composición sobre fotografía referida de pieza constructiva.

un suplemento en la parte posterior que quedará embebida en el conjunto. Este añadido permite apoyar la pieza sobre lo ya montado mientras se fija con pasta; en ocasiones, como se aprecia en la fotografía, también se recurre a algún tensor o tiranta de esparto y yeso anclado a la estructura de cubierta (en la imagen, la cubierta ya no era la original y los tensores aparecen sueltos). Dicho suplemento está formado por un par de tableros verticales de cierto grosor que, junto con la pasta de fijación, garantizan la continuidad de la medina.

En algunas de las piezas visibles en la fotografía puede apreciarse con claridad la junta entre estos suplementos y la base de apoyo; en cambio, dicho corte no se percibe en la pierna larga del mocárabe —la *pernezuela*, en palabras de fray Andrés de San Miguel—. Esto refuerza la idea de que se trata de una pieza que se desarrolla en dos niveles; sin embargo, dada la esbeltez de la pierna larga, no puede descartarse que, al menos en su nivel inferior, haya sido añadida con posterioridad.

En cualquier caso, y de forma general, este nuevo esquema de pieza no alteraría la volumetría global del conjunto, pero sí supone un avance significativo en la compresión del montaje de estas bóvedas. Se trata de un planteamiento constructivo que, como comentaremos más adelante, podría explicar, como derivado del propio

procedimiento, el origen del pequeño escaloncito que separa niveles. Conviene recordar que nos referimos a una bóveda muy temprana, y que dicho escaloncito parece haberse mantenido hasta bóvedas tardías, producto de otro sistema de montaje. Además, no perdemos la esperanza de que este enfoque ayude a clarificar otros aspectos pendientes, como la composición con filete, a la que ya nos hemos referido.

Con este nuevo esquema de pieza, en las figuras 34 a 39 se expone, de forma secuencial, una propuesta de montaje de la bóveda. En cada paso, la ubicación de las piezas a añadir se indica mediante líneas de puntos que señalan su descenso y su proyección hasta la base de apoyo, representada esta última con una línea roja. La superficie de asiento de cada pieza se resalta mediante un sombreado en rojo. Los esquemas muestran, principalmente, los elementos que pueden introducirse como piezas prefabricadas de la forma más limpia y concisa posible para reflejar el ensamblaje. No obstante, debe tenerse en cuenta que una vez colocadas, muchas de ellas se retacaban por el interior con pasta de yeso para estabilizarlas e integrarlas al conjunto. De este modo, en el extradós de la bóveda construida se perdería buena parte de las formas geométricas y de las aristas angulosas que se aprecian en el modelo.

Recuadro (A): fases iniciales, actuando en el primer y segundo nivel (figura 34):

0. Replanteo en el perímetro del perfil de la medina.

1. Colocación del primer nivel de la medina.

2. Incorporación de las piezas de ángulo y de aquellas que fuerzan en el perímetro los ángulos del esquema de medianas. Se trata de piezas cuya base es un medio cuadrado y que, siguiendo la nomenclatura de la carpintería de lo blanco, estamos denominando *atacias*. En estas piezas, el suplemento podría situarse en la parte superior: un tablero horizontal que sobresale en la parte posterior, generando una pestaña que permite apoyar la pieza sobre la medina mientras fragua la fina capa de yeso aplicada en la superficie de contacto.

3. Colocación de las medianas que envuelven las piezas anteriores. Mediante pasta y, posiblemente, algún elemento metálico que actúe de anclaje, se puede fijar al muro y a las piezas ya colocadas.

4. Colocación de una pieza que, en principio, hemos considerando de un solo nivel; en el esquema aparece en el segundo. Sin embargo, dos aspectos la singularizan como pieza de un solo nivel y sugieren que podría formar parte de una composición. El primero es la moldura, claramente visible en la fotografía (fig. 33), que se prolonga en la medina inferior⁹. El segundo es que, al igual que ocurrirá con las piezas de dos niveles, la pieza se apoya sobre lo ya colocado mediante un suplemento posterior mientras se recibe.

5. Incorporación de las piezas que ocupan dos niveles. Son las identificadas en la fotografía y presentan un suplemento posterior en su nivel superior que permite apoyar la pieza sobre la medina mientras se recibe.

⁹ ¿Hasta qué punto se trata de una moldura desarrollada tanto en la medina como en el mocárabe, y no de un filete independiente asociado a estos últimos? De ser efectivamente un filete, podríamos estar ante una nueva composición con filete.

6. Entre dos de las piezas anteriores se dispone un tramo de medina en ménsula. Esta encuentra un pequeño espacio de apoyo, pero su fijación se garantiza principalmente mediante el recibido con yeso, por la parte interior, del borde vertical destinado a quedar embebido en el conjunto y, posiblemente, a algún anclaje metálico. De este modo se asegura no solo su propia fijación, sino también la de las piezas adyacentes en ese eje.

7. Colocación de la parte faltante del nivel superior del perímetro de medianas.

Recuadro (B): cierre del segundo nivel y arranque del tercero. Se observa cómo comienza a definirse con mayor claridad el esquema de montaje.

8-10. Mediante piezas de un solo nivel se completa el nivel iniciado en el recuadro anterior con las piezas de dos niveles. Estas piezas se resuelven con un suplemento superior, a modo de tablero en posición horizontal, que sobresale posteriormente, generando una pestaña que permite apoyar la pieza sobre lo ya montado mientras fragua la fina capa de yeso aplicada en la superficie de contacto.

11-12. Inicio del siguiente nivel con piezas que ocupan dos niveles. Estas presentan un suplemento trasero, a modo de tablero o tableros en posición vertical, que ocupa únicamente su nivel superior y permite apoyar la pieza sobre lo ya montado —en este caso, la medina— mientras se recibe con pasta de pegado.

Antes de seguir conviene destacar dos aspectos concernientes a las piezas que ocupan un nivel en este recuadro. Por un lado, consideramos la pieza que sigue el esquema descrito —como, por ejemplo, la número 9—. Este tipo de pieza, presente a lo largo de todo el procedimiento propuesto, podría explicar, gracias a su suplemento superior, el pequeño escaloncito entre niveles identificado en el análisis de los resaltos entre mocárabes.

Por otro lado, observamos las piezas que no siguen dicho criterio —los números 8 y 10—, ambas pertenecientes a la “composición con filete” (resaltada en otro color en los esquemas). Tal como se explicó, la parte visible de estas piezas para el observador presenta una geometría en planta reducida; es decir, queda en parte oculta o es menor que el resto de las piezas. En esta propuesta planteamos que, al menos la pieza que tiene por base un medio cuadrado, tiene dimensiones reducidas. Su suplemento superior podría conservar el tamaño completo de la planta, pero se desplaza hacia la parte posterior para formar la pestaña que permite su apoyo. De este modo, en la parte delantera —y aquí radica una segunda novedad respecto a las piezas de un solo nivel— se genera un espacio destinado al apoyo de la pieza siguiente en la composición. El escaloncito entre niveles, en este caso, no se provoca con el suplemento superior, sino que está incluido en la propia pieza reducida, constituyendo así una tercera novedad de la pieza de un solo nivel que da comienzo a la composición con filete¹⁰.

¹⁰ En este detalle se encuentra la explicación de por qué entre la composición con filete y su entorno se genera un resalto sin interrupción a lo largo de todo el perfil de contacto, como se verá más adelante.

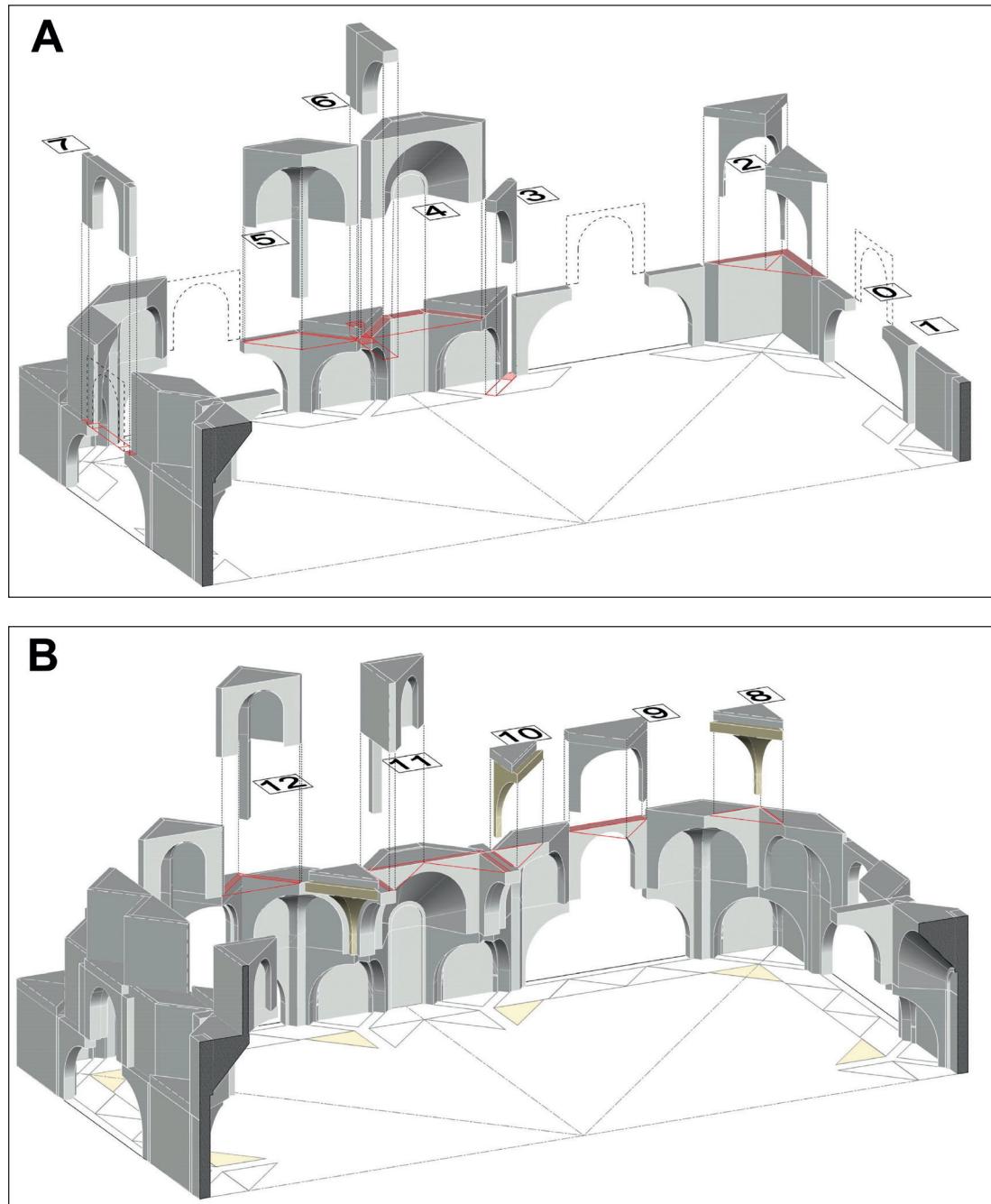


Fig. 34. Propuesta de montaje para la bóveda central de la mezquita de Tinmal: recuadros A y B.

Recuadro (C) (figura 35): se sigue el mismo esquema.

13, 15 y 16. Piezas de un solo nivel cierran el tercer nivel. Nuevamente, conviene llamar la atención sobre la pieza de la composición con filete que encontramos en este nivel por tratarse de un caso especial: la segunda pieza de la composición es una pieza de base rectangular, conocida en la carpintería de lo blanco como *conça*.

A diferencia de otras piezas de un solo nivel, no presenta suplemento superior; en su lugar, cuenta con un suplemento posterior que ocupa todo el nivel. Su pie alargado se sitúa sobre el hueco longitudinal dejado por la pieza del nivel inferior en el esquema plano general, mientras que el suplemento trasero apoya sobre el borde de esa misma pieza inferior. De este modo, esta segunda pieza de la composición con filete mantiene cierto paralelismo con el nivel superior de la pieza que se desarrolla en dos niveles.

14. Entre dos de las piezas de un solo nivel ya instaladas —las piezas 13 y 15— se coloca un tramo de medina en ménsula. Una vez más dispone de un pequeño espacio de apoyo en tanto se fija. Su fijación se garantiza mediante el recibido con yeso, por la parte interior, del borde vertical destinado a quedar embebido en el conjunto y, posiblemente, algún anclaje metálico. De este modo se asegura no solo su propia fijación, sino también la de las piezas adyacentes en ese eje. En este sentido, estos tramos de medina en ménsula podrían interpretarse como conectores de las piezas contiguas.

17. Piezas de dos niveles que empiezan a conformar el cuarto nivel, siguiendo el esquema ya descrito.

Recuadro (D): cierre del cuarto nivel. En la zona central de la bóveda aparece una nueva composición con filete, cuyas piezas aparecen resaltadas en azul en el esquema. Conviene recordar que, en este sector, la propuesta de diseño responde a una interpretación hipotética; no obstante, el primer modelo presentado —que es el que se está desgranando en esta propuesta de montaje— tomó como referente la solución aplicada en la cuarta bóveda de al-Qarawiyyīn.

18. Se trata de una pieza de un solo nivel, con base trapezoidal, que da paso a un filete labrado en los dos niveles superiores. Nos encontramos ante la primera pieza de una nueva composición con filete, lo que exige reducir la pieza en la medida correspondiente al espacio que ocupará dicho filete. Este aspecto no resultó evidente al identificar estas composiciones, precisamente por tratarse de una pieza trapezoidal, cuya geometría en planta no suele ser fija. En cualquier caso, al construir el modelo observamos que no solo es necesario reducir la pieza en lo que ocupará el filete superior, sino también desplazar su suplemento superior hacia la parte posterior. De este modo se genera la pestaña de apoyo y, al mismo tiempo, se libera el espacio destinado al suplemento trasero que permitirá colocar el primer nivel del filete, consistente en dos pequeños tramos de medina en los extremos. En consecuencia, la pieza resuelve en su perfil el pequeño escaloncito entre niveles, del mismo modo que lo hacía la pieza 8.

19. Es el filete de la primera “composición con filete”: un tablero labrado con un perfil en forma de arco, destinado a quedar resaltado por la pieza que apoyará sobre él. En planta ocupa el hueco dejado en el conjunto por las otras dos piezas de la composición y dispone de un suplemento trasero, formado por otro tablero, que permite su apoyo sobre la pieza inferior mientras se recibe por detrás con yeso.

20. Se trata del primer nivel del filete de la segunda composición con filete. En este caso, apenas dos pequeñas medianas situadas en los extremos cuentan con

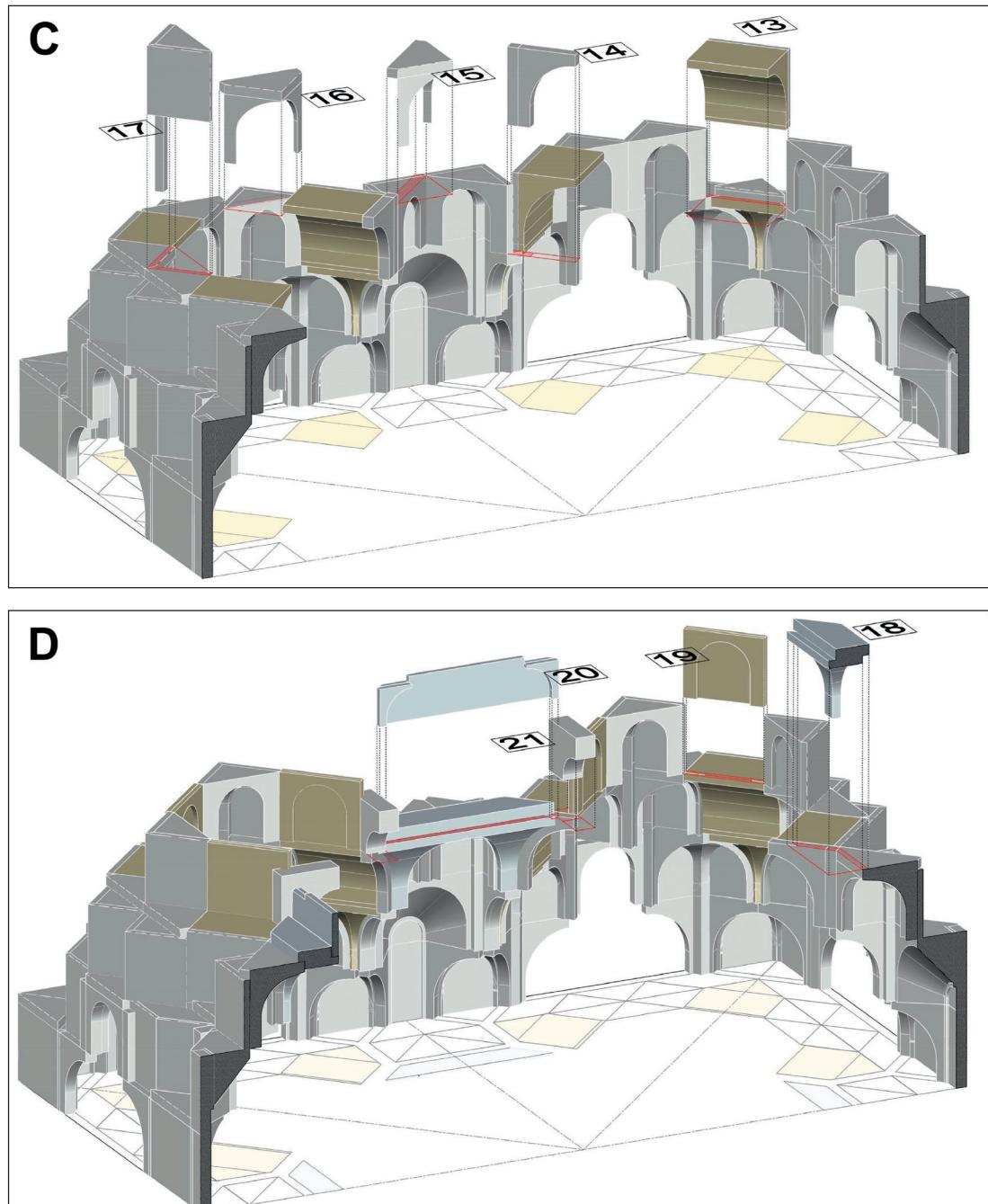


Fig. 35. Propuesta de montaje para la bóveda central de la mezquita de Tinmal: recuadros C y D.

un suplemento trasero, formado por un tablero que las unifica, permitiendo su apoyo sobre el mocárabe de base trapezoidal inferior mientras se recibe con yeso por detrás.

21. Encontramos de nuevo tramos de medina en voladizo que, además de proporcionar apoyo a las piezas superiores, conectan en este nivel las piezas

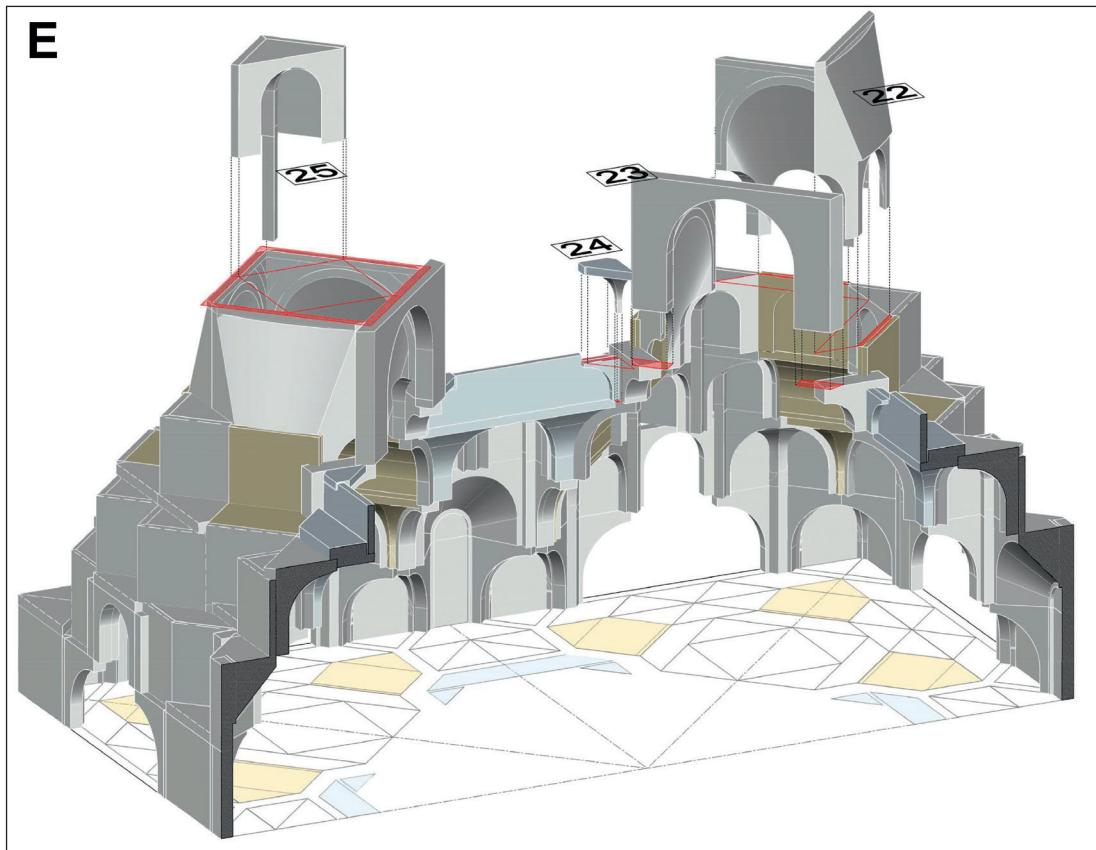


Fig. 36. Propuesta de montaje para la bóveda central de la mezquita de Tinmal: recuadro E.

contiguas, que en este caso son tableros verticales: los filetes y sus suplementos traseros correspondientes a las dos composiciones con filete (19 y 20).

Recuadro (E): se aprecia, principalmente, cómo se empieza a cerrar una estructura característica en estas bóvedas. Se trata de una estructura que arranca con la concentración de dos —o, como en este caso, tres— composiciones con filete, formadas por atacia, conça y filete, organizadas en redondo.

22. Pieza de dos niveles con base trapezoidal, cuyo suplemento trasero en el nivel superior se apoya sobre los filetes de la primera “composición con filete”. Su fijación no depende tanto de la fina capa de pegado aplicada en la superficie de contacto entre pieza y filete, sino de la pasta de yeso que, por el extradós de la bóveda, solidariza ambos elementos, reforzando así el anillo que al recibir la siguiente pieza (23) quedará cerrado y servirá de base para el pequeño cupulín que corona los grupos de los ángulos.

23. Medina con forma de arco. Consiste en un tablero dispuesto en vertical y labrado en forma de arco, que encuentra un apoyo mínimo en cada uno de sus extremos sobre los bordes de las medianas (20). Mientras, sus bordes verticales se reciben por la parte interior con yeso y, posiblemente, algún anclaje metálico, lo que permite conectar los elementos adyacentes y cerrar el anillo descrito en el punto

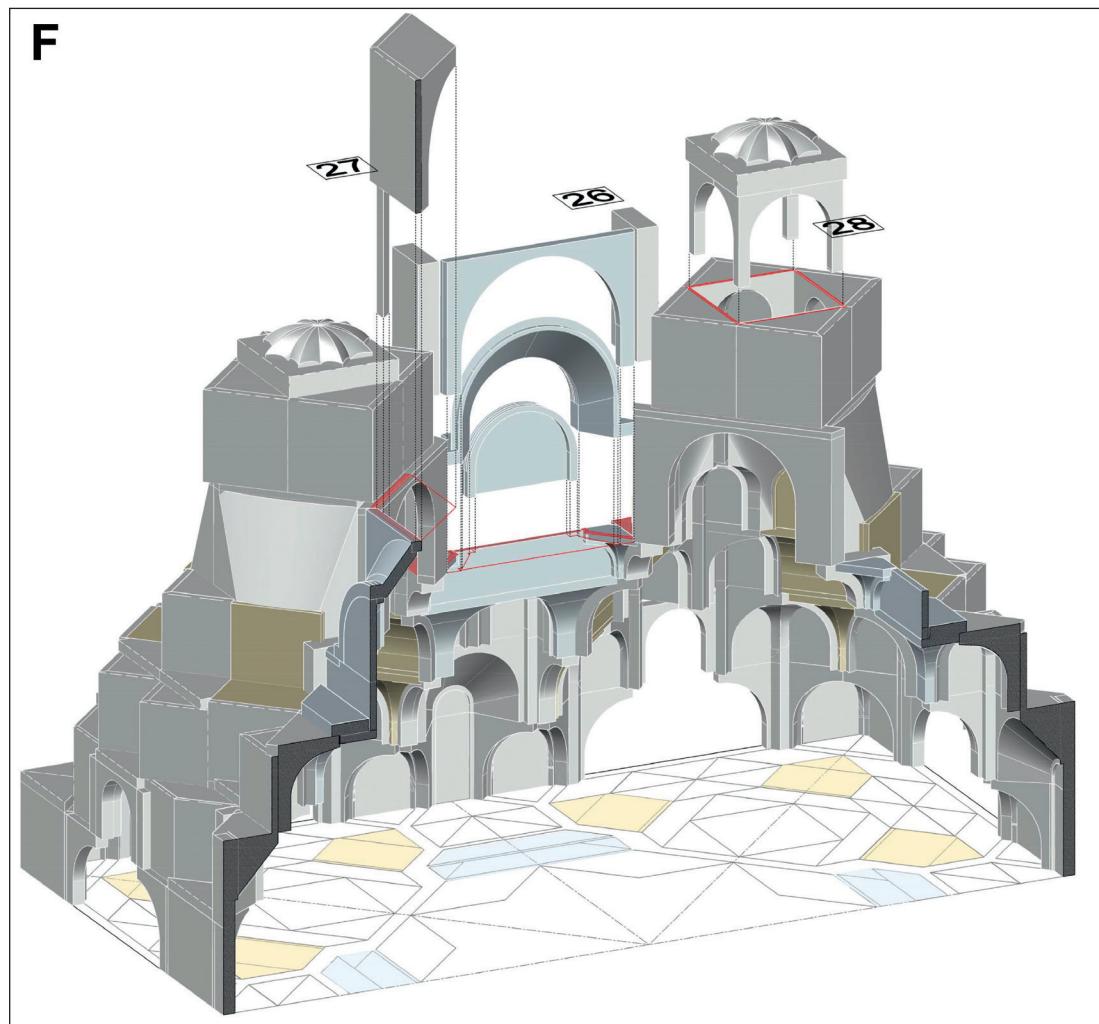


Fig. 37. Propuesta de montaje para la bóveda central de la mezquita de Tinmal: recuadro F.

anterior. De nuevo, la medina actúa como conector de las piezas adyacentes, aunque en este caso no lo hace en un único eje vertical, como ocurría con los tramos de medina en ménsula, sino en dos ejes verticales.

24. Pequeña pieza fuera de módulo, desarrollada en un solo nivel, que se apoya mediante la pestaña posterior de su suplemento superior sobre el primer nivel del filete y su correspondiente suplemento trasero de la segunda composición (20).

25. Pieza desarrollada en dos niveles, cuyo suplemento trasero del nivel superior se apoya sobre el anillo formado por las piezas 22 y 23. De este modo, se inicia la configuración de la pequeña cupulilla que cierra el grupo del ángulo.

Recuadro (F): recoge tres elementos que cierran el quinto nivel.

26. En este punto se concatenan varios elementos: el segundo nivel del filete de la segunda composición, con su suplemento trasero apoyado sobre el nivel inferior; una pieza de base trapezoidal, configurada en forma de bóveda abocinada,

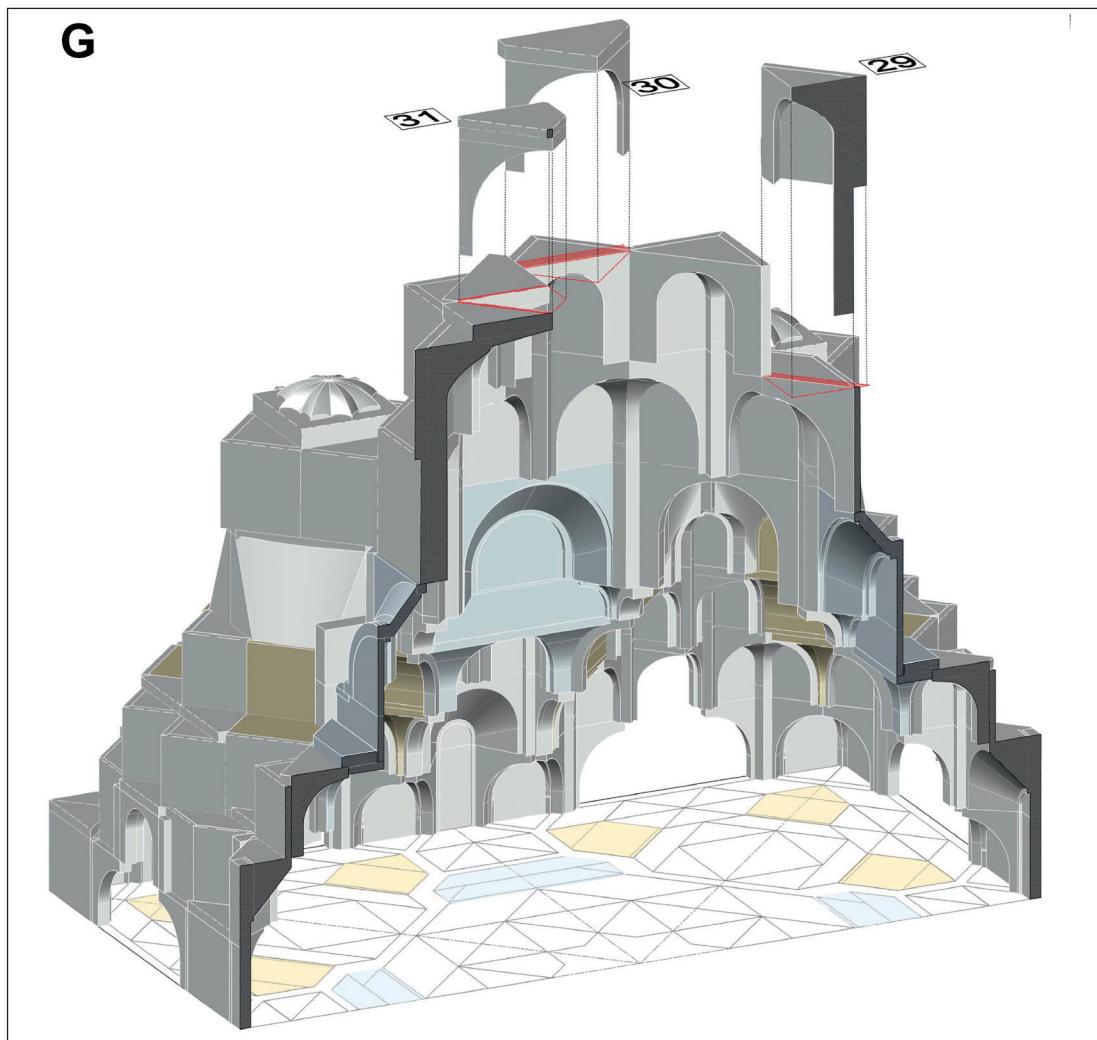


Fig. 38. Propuesta de montaje para la bóveda central de la mezquita de Tinmal: recuadro G.

que se apoya sobre el filete anterior y las piezas (24); un nuevo filete cuyo suplemento trasero apoya sobre la pieza trapezoidal, y, por último, el recrecido de la medina (21) en este nivel, que conecta en todo el eje vertical los elementos adyacentes, así como pasta de yeso por la parte interior para consolidar y unificar el conjunto.

27. Pieza de base romboidal que se desarrolla en dos niveles: la parte inferior de su pierna larga se ubica en el cuarto nivel y el resto en el quinto. Se dispone en redondo en torno al eje central de la bóveda, comenzando a formar la base de apoyo de la cupulilla central. Su suplemento trasero se apoya sobre la coronación del cuarto nivel, constituida por las piezas 26 y las medianas 23.

28. Pieza que cierra la pequeña cupulilla de los ángulos. Tiene base cuadrada y queda suspendida de la pestaña perimetral de su suplemento superior mientras fragua la pasta de pegado aplicada en las zonas de contacto.

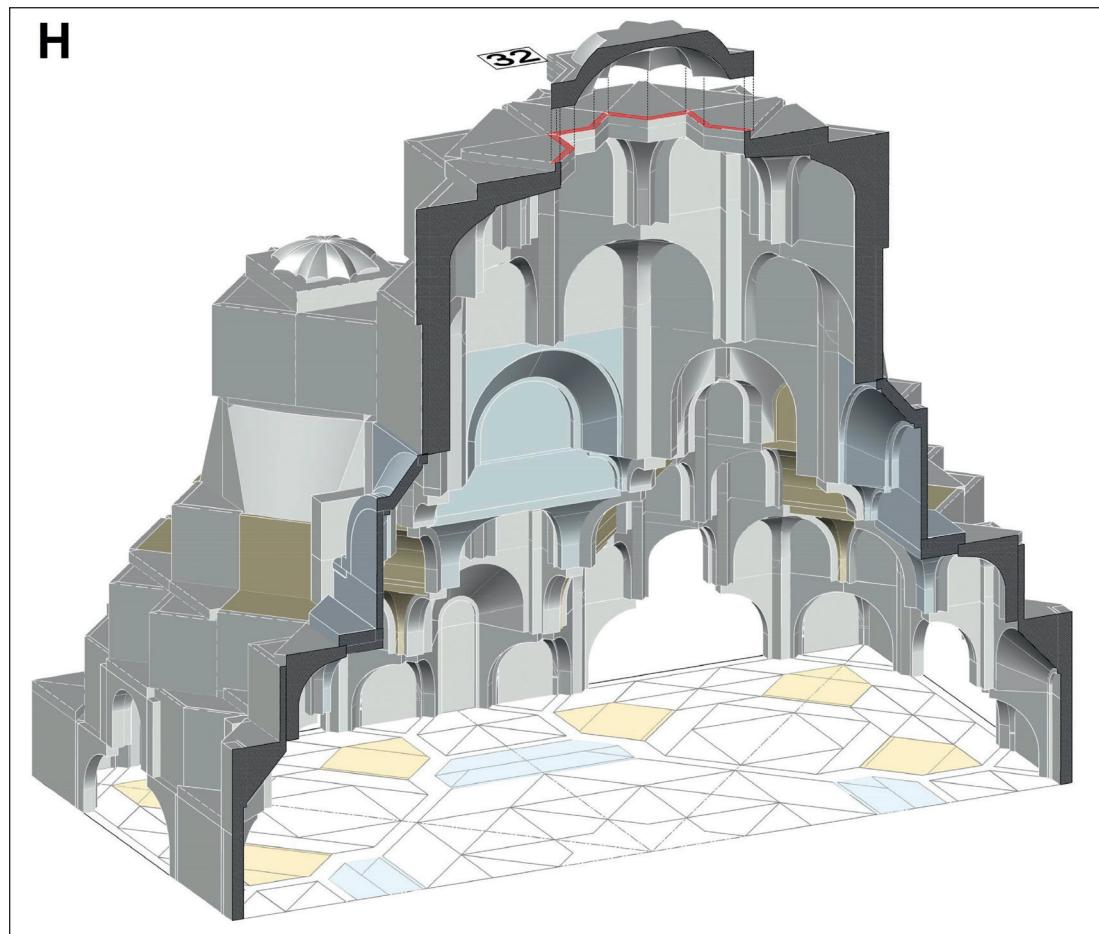


Fig. 39. Propuesta de montaje para la bóveda central de la mezquita de Tinmal: recuadro H.

Recuadro (G): muestra tres elementos que avanzan hacia el cierre en cúpula central.

29. Pieza típica de dos niveles, cuyo suplemento trasero en su nivel superior se apoya sobre la coronación del sexto nivel, iniciando con este la formación del séptimo nivel.

30-31. Piezas de un solo nivel desarrolladas en el séptimo nivel, que se apoyan mediante sus pestañas posteriores y permanecen suspendidas mientras fragua el yeso de pegado.

Recuadro (H): muestra el cierre de la cupulilla central.

32. Pieza que remata el conjunto, apoyada mediante su suplemento perimetral.

En resumen, desde el punto de vista del montaje, en esta propuesta pueden identificarse dos tipos de piezas.

El primero corresponde a elementos que se incorporan al conjunto de forma independiente y que representan los mocárabes más rigurosos en cuanto a geometría y modulación. Dentro de este grupo se distinguen dos prototipos: los que se desarrollan en un solo nivel y los que lo hacen en dos. Cada uno sigue un esquema

de colocación que exige que la pieza constructiva —en relación con el mocárabe que ha de quedar visto— disponga de un suplemento específico.

El segundo tipo agrupa piezas menos estrictas en su modulación y geometría, que aportan un cierto grado de riqueza estilística. Estas se integran en el conjunto formando parte de composiciones especiales, de alguna manera también arquetípicas, en cuanto a que se repiten —con ligeras variaciones— en distintas bóvedas de este periodo. Se trata, por tanto, de piezas con un lugar definido dentro de la composición, no al margen de ella.

De las composiciones analizadas se puede inferir una constante: la organización, en el interior de la bóveda, de paños verticales sobre los que seguir montando mocárabes. Esto implica, en cierto modo, trasladar al interior los paramentos verticales del perímetro, quizás con el propósito de quebrar y multiplicar los espacios. En este sentido, los filetes y los tableros verticales en torno a los que se articulan estas composiciones representan un paso más en la fragmentación del conjunto, prolongando el cometido del propio esquema de medinas.

Las dos composiciones vistas presentan, en proyección horizontal, la huella de uno o dos filetes: filetes labrados, adosados a un tablero vertical que lo suplementa por detrás y que permite su apoyo sobre la pieza inferior. Asimismo, en ambos casos, la proyección en planta del filete ocupa un espacio que, dentro del esquema general, correspondería a los mocárabes que forman parte de la composición y se desarrollan por debajo del filete.

Aparte de que el ejemplo (B) tiene mayor desarrollo y cuenta con dos filetes, o dos niveles de un mismo filete, la única diferencia destacable es que, en la primera composición (A), los mocárabes afectados muestran, si no una modulación estricta, sí una geometría plana básica perfectamente clara. Esta condición singular fue la que, desde el inicio, atrajo nuestra atención, y de alguna manera sitúa a los mocárabes que forman parte de esta composición cerca de aquellos que se incorporan al conjunto de forma independiente.

En cambio, en la composición (B), el mocárabe que da paso al filete presenta una geometría plana no tan precisa (de base trapezoidal), propia del tipo de piezas que hemos denominado especiales. Probablemente, por este motivo, el filete no destacó como un elemento que interfiriera o modificara la pieza anterior; a simple vista podía interpretarse como parte inherente de la misma.

En cualquier caso, el efecto visual del filete en estas composiciones contribuye al enriquecimiento del conjunto, ya que duplica los resaltos entre piezas a lo largo de su perfil. Basta comparar, por ejemplo, el efecto de la composición (A) —cuyos dos primeros mocárabes llegamos en algún momento a asimilar con un mocárabe o conjunto que se desarrolla en dos niveles— con el de una pieza convencional de dos niveles: el resultado y su relación con el entorno son claramente distintos.

En la figura 40 podemos observar tres situaciones diferentes en las que piezas o composiciones de piezas abarcan más de un nivel. Resulta evidente que es en la variedad de soluciones donde reside la auténtica riqueza del conjunto.

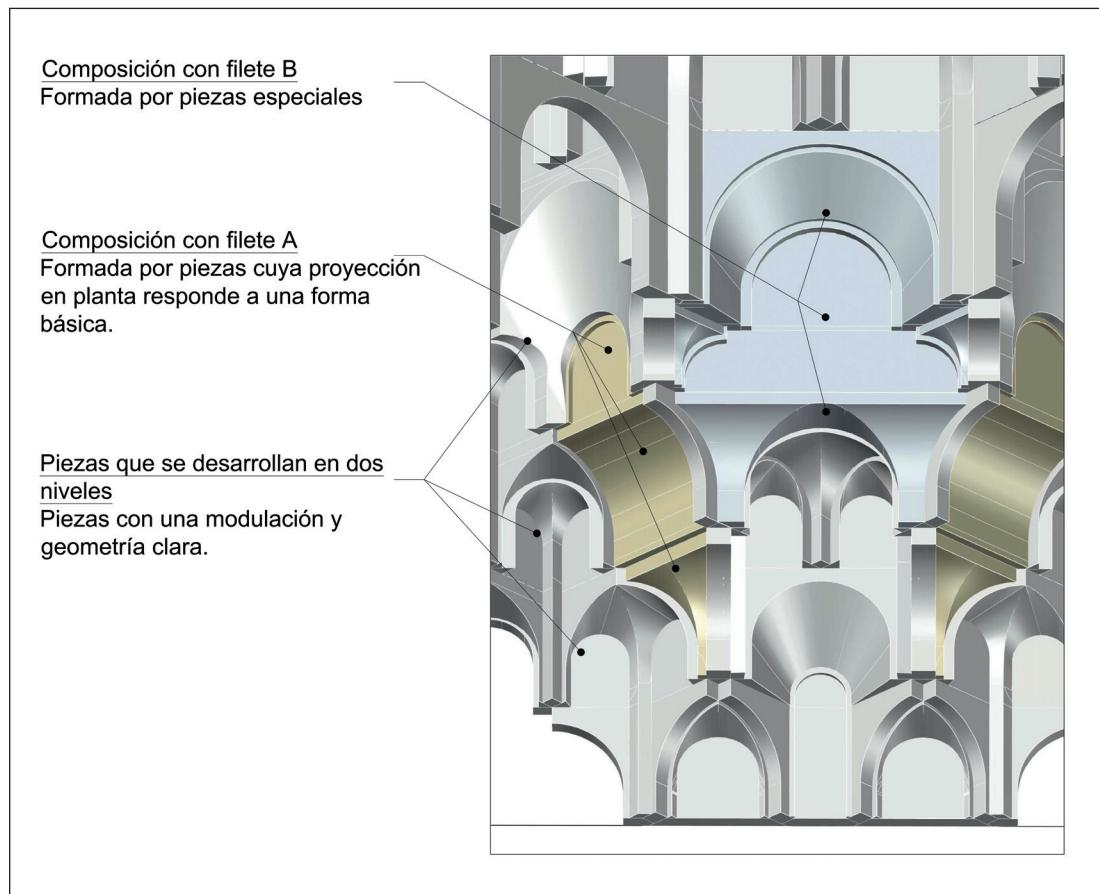


Fig. 40. Propuesta de montaje para la bóveda central de la mezquita de Tinmal: detalle de tres situaciones distintas en las que piezas o composiciones abarcan más de un nivel.

En la propuesta ha aparecido un elemento nuevo en la construcción de estas bóvedas: los filetes que, en planta, se muestran independientes de la red de medianas y sus correspondientes suplementos traseros. Tableros dispuestos en posición vertical que permiten el apoyo del filete sobre la pieza inferior y, al mismo tiempo, sirven de base de apoyo a piezas superiores.

En cuanto a las medianas, como imaginábamos, mantienen un cometido auxiliar en el montaje de la bóveda. Por un lado, en su nivel, actúan como conector de las piezas adyacentes en el eje o ejes verticales a través de los cuales se integran en el conjunto; por otro, sirven de base en su parte superior para que los mocárabes apoyen con sus correspondientes suplementos: los que se desarrollan en un nivel, generalmente mediante la pestaña trasera de su suplemento superior, y los que lo hacen en dos niveles, mediante su suplemento trasero.

La medina ya no es el tablero que cruza el hueco de la bóveda como en el pequeño cupulín de Tremecén, ni la simple pasta de pegado que formando filetes camufla dicho tablero; sin embargo, sigue desempeñando un papel auxiliar en el proceso de montaje.

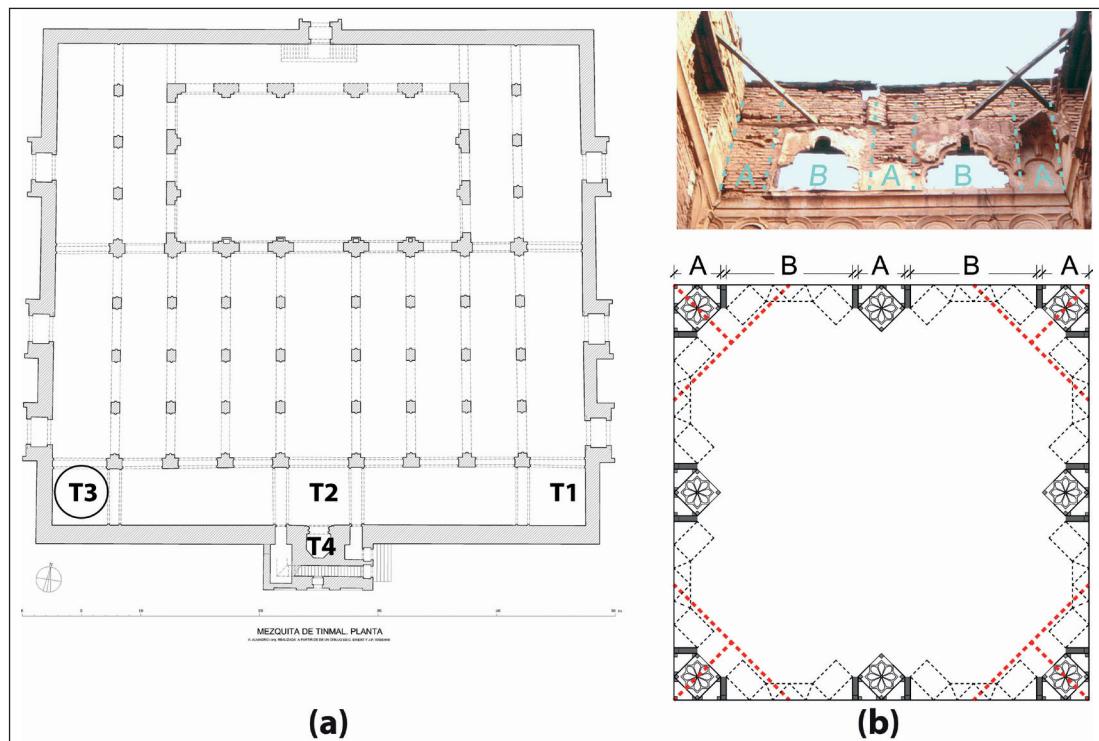


Fig. 41. T3. (a) Ubicación en planta. (b) Fotografía de los restos y propuesta de arranque a partir de estos.

Retomando el análisis del resto de las bóvedas, la tercera (T3) se situaba en el extremo occidental de la nave de la quibla (fig. 41a). Ya antes del terremoto, apenas se conservaba de ella más que un pequeño grupo en el ángulo, con forma de cupulilla y desarrollo mínimo, junto con algunas huellas en el muro. A partir de estas huellas puede deducirse que, en cada lado, arrancaban dos tipos distintos de grupos que se alternaban: A y B. Del tipo A había dos, cuya impronta en el muro era mayor que la de los tres grupos del tipo B. Este último es el que se aprecia en el ángulo visible en la fotografía de la figura 41, ocupando en el muro apenas dos módulos —es decir, dos catetos del medio cuadrado—.

Del grupo A solo se conserva lo que puede observarse en la moldura y la medina perimetral en el espacio de la ventana. Todo indica que ocupaba lo equivalente a cuatro catetos y una hipotenusa central, lo que permite plantear una propuesta de arranque para esta bóveda (fig. 41b). La fotografía aporta, además, otro dato de interés: los cuadrales de madera que aparecen en las esquinas, posiblemente utilizados como elementos auxiliares durante el montaje de la bóveda. Estos podrían haber servido, por ejemplo, para sostener las tirantas de yeso y esparto observadas en la figura 33.

Volviendo al esquema, en la mezquita Kutubiyya —también obra almohade¹¹— se conservan dos bóvedas con esquemas similares, en el sentido de que arrancan en

¹¹ Almagro y Jiménez, 2022: 255-288.

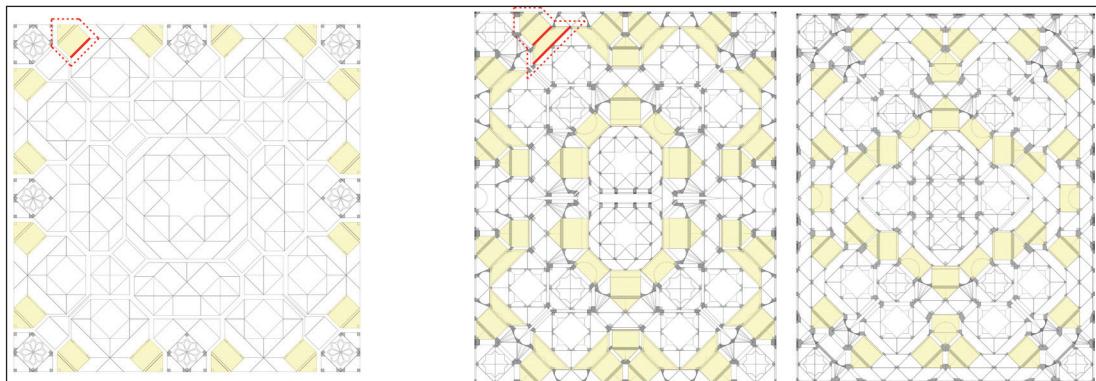


Fig. 42. (a) Esquema plano propuesto para la bóveda T3. (b) Esquemas comparables en la mezquita Kutubiyya. Como en esquemas anteriores, las composiciones con filete se destacan mediante color. Además, se indica con línea roja discontinua un ejemplo de la composición con el filete más habitual que se ha usado en la propuesta de la bóveda T3, así como otro ejemplo de una variante en la mezquita Kutubiyya, donde la composición se prolonga con un nuevo mocárbol y otro filete adicional. En ambos casos la posición de los filetes se señala con un trazo continuo en rojo.

los ángulos con los mismos grupos dispuestos a modo de pequeñas cupulillas (fig. 42b). En el primero de estos dos esquemas, que además se ajusta a las proporciones del modelo que estamos analizando en Tinmal, se aprecia el mismo arranque que se ha esbozado en la figura 41b.

Si partimos de la hipótesis de que, a partir de un determinado momento, en el diseño de las techumbres de mocárabes se utiliza un patrón lineal —en el que los grupos de mocárabes, delimitados por las medinas, se organizan en filas y columnas repetidas según una secuencia definida—, bastaría con cortar y doblar simétricamente dicho esquema respecto a la bisectriz de cada ángulo de la estancia a cubrir. De este modo, el patrón quedaría alineado con cada lado del perímetro de la sala.

Además, se observa que las bisectrices suelen coincidir con la base de los ejes medios de columnas. Por ello, en el proceso de adaptación resulta importante mantener la proporcionalidad entre media sala y el segmento del patrón comprendido entre los ejes de columnas seleccionados, lo que podría requerir la inserción o la modificación de alguna fila o columna de grupos dentro del esquema¹².

Esta práctica explicaría por qué, en las techumbres, el grupo de las esquinas aparece como la variante en ángulo de uno de los grupos que, desarrollados en línea recta, se alternan en la base del patrón. Siguiendo esta lógica, el grupo B planteado en este arranque podría corresponder, en línea recta, al mismo grupo que se dispone en ángulo en la bóveda anterior, lo que sugiere que ambas techumbres pudieron haberse diseñado a partir del mismo patrón lineal.

Para continuar y cerrar un posible esquema se ha procurado la sencillez, con la intención expresa de reconstruir ese “esquema de partida” al que nos hemos referido anteriormente. De hecho, al comparar el esquema propuesto en la figura

¹² Piñuela, 2023: 9-54.

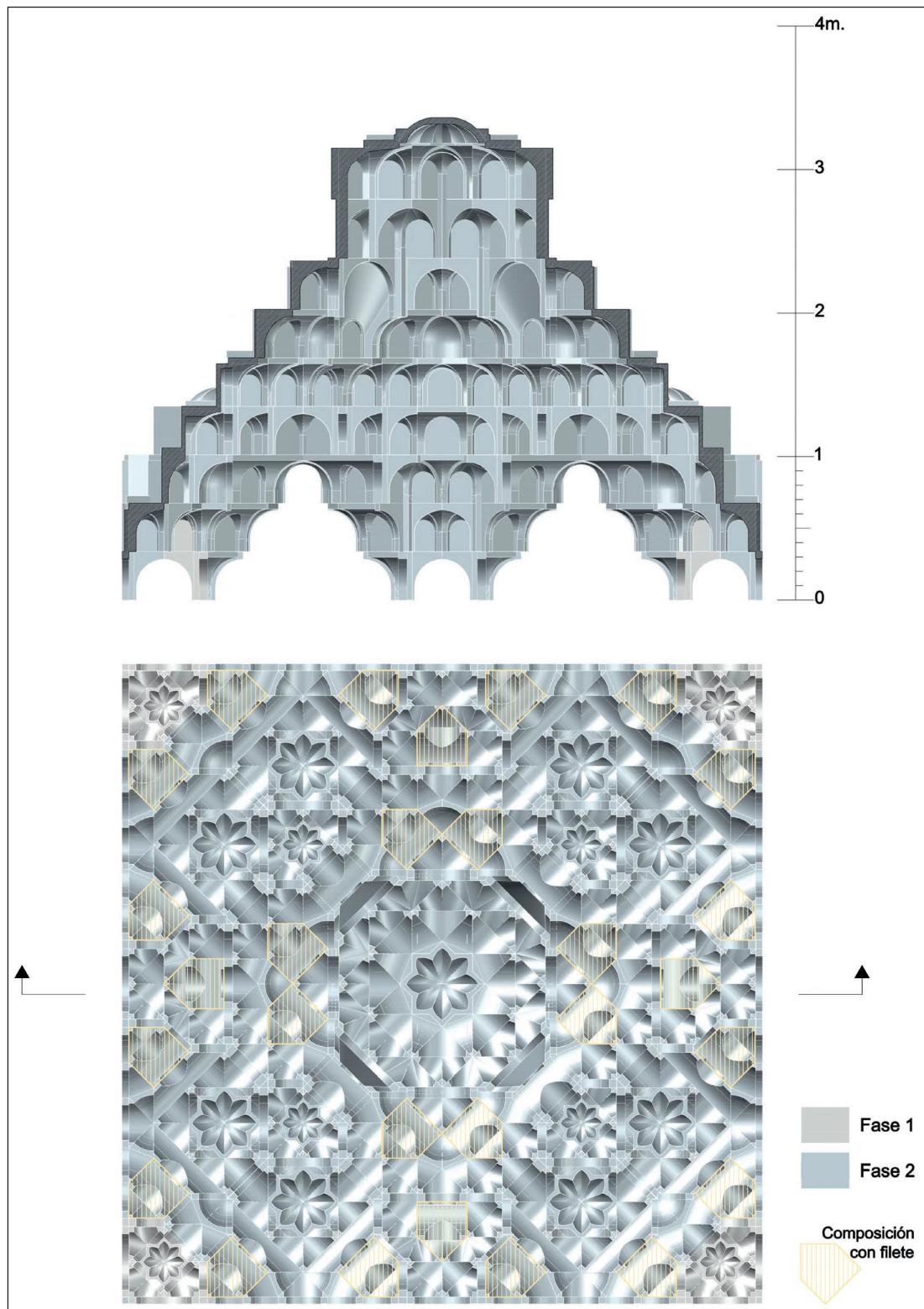


Fig. 43. Planta y sección del modelo tridimensional elaborado para la bóveda T3.

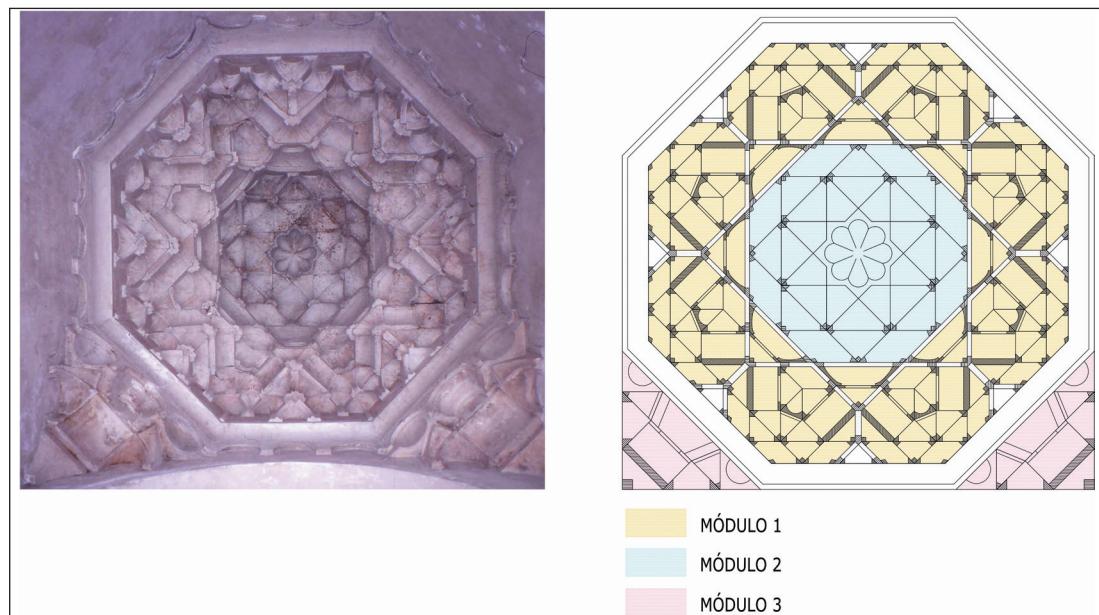


Fig. 44. Esquema en planta base del modelo 3D de la bóveda T4.

42a con la parte superior del primer esquema de la Kutubiyya (fig. 42b) se aprecia una notable similitud.

La principal diferencia radica en la complejidad de filetes y piezas especiales en el esquema de la mezquita Kutubiyya, elementos que podrían interpretarse como alteraciones introducidas en el transcurso mismo de la obra. Es posible, por tanto, que algunas de las composiciones con filete señaladas en este primer esquema de la mezquita Kutubiyya no respondan a un planteamiento previo, sino a decisiones constructivas adoptadas durante la ejecución.

Por el contrario, la composición con filete propuesta para la bóveda T3 ocupa una situación distinta, ya que responde a un patrón que aparece de forma recurrente en las bóvedas de época almorávide y almohade. En el primer ejemplo de la Kutubiyya, esta misma composición se prolonga con otra pieza de base trapezoidal y un filete adicional, indicados en un ejemplo de cada una de las composiciones mediante un trazo rojo en la figura 42.

Para levantar el modelo 3D de esta hipótesis (fig. 43) se han considerado los perfiles y los mocárabes de la bóveda anterior.

Por último, la bóveda T4, que cubre el mihrab, presenta tres módulos (fig. 44). Para levantar los perfiles considerados en el modelo tridimensional (fig. 46) se han estimado las medidas y los resaltos horizontales en la fotografía y las alturas y resaltos verticales en la sección de Ewert.

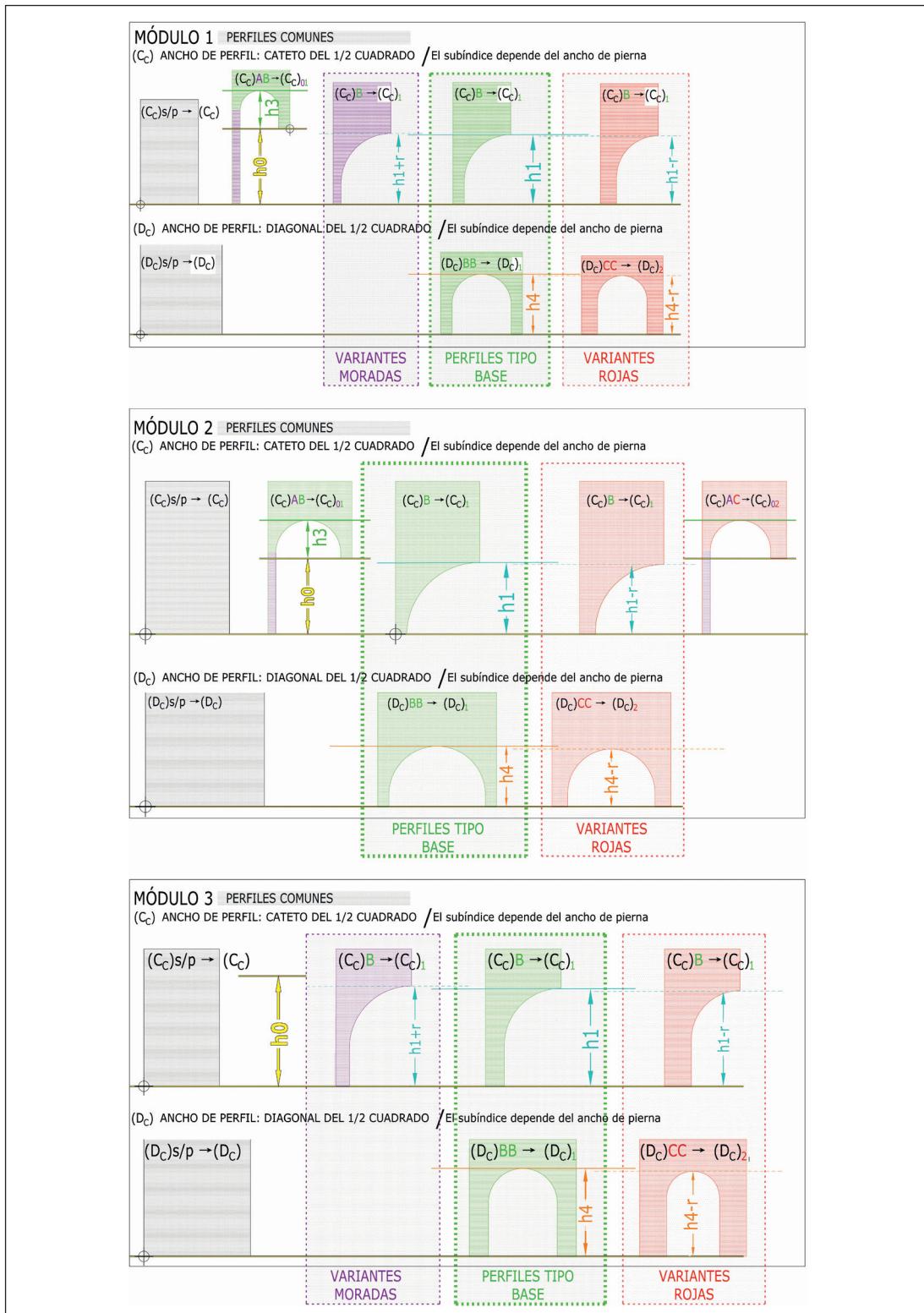


Fig. 45. Perfiles base del modelo 3D de la bóveda T4.

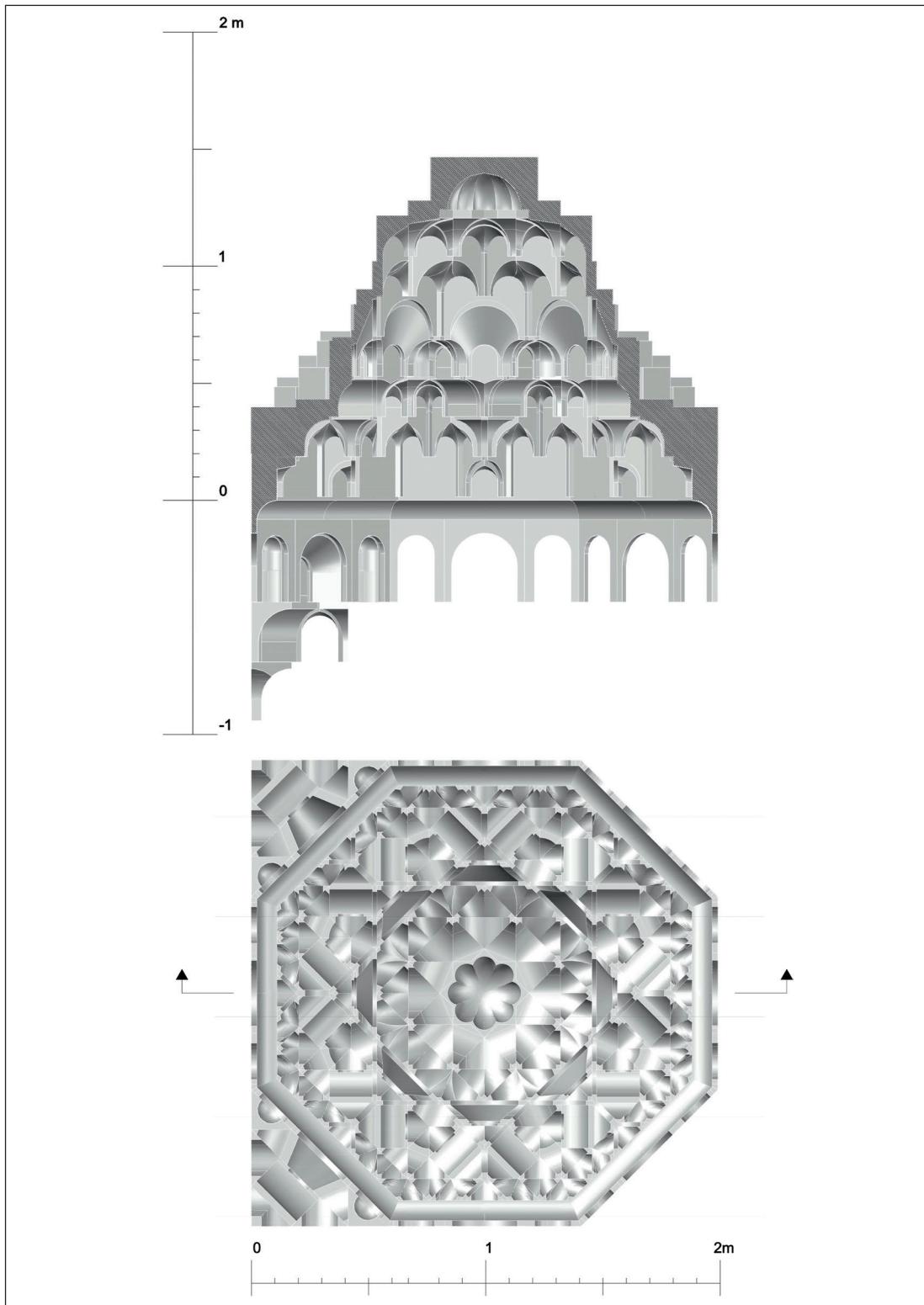


Fig. 46. Planta y sección del modelo tridimensional elaborado para la bóveda T4.

EN CONCLUSIÓN

En el proceso de análisis realizado para el levantamiento de estos modelos han surgido varias hipótesis: en primer lugar, sobre cuál pudo ser el esquema de partida; en segundo, acerca de cómo se replanteó dicho esquema en obra, y, finalmente, sobre la configuración de las piezas constructivas de los mocárabes y la posible secuencia de montaje. Esta última hipótesis constituye un eslabón temprano en el estudio de la evolución de las bóvedas de mocárabes. En este contexto, resulta especialmente relevante el papel de la medina en el montaje. Aunque en el esquema de medianas ya no se oculta un tablero dispuesto verticalmente que atraviese de lado a lado la cúpula —como ocurría en el pequeño cupulín de la macsura de Tremecén, donde servía de soporte a los mocárabes que se adosaban a él—, sigue cumpliendo una función auxiliar. Ahora se trata de tableros, también verticales y labrados en su cara inferior con un perfil específico, que se insertan de manera discontinua entre los mocárabes con un doble cometido: por un lado, conectar las piezas entre sí, y por otro, servir de apoyo. Cada tramo de medina enlaza, en su nivel, las piezas adyacentes en uno o dos ejes, coincidiendo con los bordes verticales donde el tablero se integra en el conjunto. En el nivel superior, en cambio, actúa como base para que los mocárabes se apoyen mediante sus suplementos: bien a través de la pestaña trasera del suplemento superior, en los desarrollados a un solo nivel, o bien mediante el suplemento trasero, en los que se organizan en dos niveles.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a Antonio Almagro por su generosidad incomparable.

BIBLIOGRAFÍA

- Almagro, Antonio (dir.), *ATARAL, Atlas de Arquitectura Almohade*, Real Academia de Bellas Artes de San Fernando: <https://www.ataral.es>
- Almagro, Antonio (2015): “La mezquita mayor de Tremecén y la cúpula de la maqsura”. En: *Al-Qantara*, 36, 1, pp. 199-257. <https://doi.org/10.3989/alqantara.2015.007>
- Almagro, Antonio / Jiménez, Alfonso (2022): “The Kutubiyah Mosque of Marrakesh Revisited”, *Muqarnas*, 39, pp. 255-288.
- Ewert, Christian / Jens-Peter Wissak (1984). *Forschungen zur almohadischen Moschee. II: Die Moschee von Tinmal*. Mainz am Rhein: Verlag Phillip von Zabern.
- Loukidi, Abdelhak / Rkha Chaham, Khalid / Bahjaoui, Taoufiq / Amrani Abourouh, Mohamed / Bensallam, Saad (2024): “Architectural restitution of the muqarnas dome in the Tinmel mosque”, *SMC*, 20, Nápoles, pp. 108-114.
- Piñuela, Mila (2022): “Bóvedas de mocárabes en las construcciones sadíes”. En Almagro, Antonio (ed.), *Arquitectura sadí. Marruecos 1554-1659*. Madrid: CSIC, pp. 527-567.

- Piñuela, Mila (2023): “¿Qué es la Medina y qué supone en una techumbre de mocárabes?”. En: *Academia. Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*, 125, pp. 9-54.
- Terrasse, Henri (1968): *La mosquée al-Qaraouiyin à Fès*, Paris: Librairie C. Klincksieck.