

informes de la construcción

Volumen 60 N° 509 **enero-marzo 2008** Madrid (España) ISSN: 0020-0883



CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Las soluciones inconclusas de las cubiertas de los templos medievales del Reino de Sevilla, España

Non-concluded covers of medieval churches in the Kingdom of Seville, Spain

Juan Carlos Gómez de Cózar*, Rosa Mª Benítez Bodes**

RESUMEN

En ocasiones, cuando se visita un templo medieval y se observa el despliegue de formas de crucería que se desarrolla sobre nuestras cabezas, cuesta cierto esfuerzo suponer que una disposición tan compleja sólo resulte ser un *elaborado falso techo de piedra*, ya que sobre ellos hay dispuesta una cubierta (normalmente de madera) que resuelve el contacto con el ambiente exterior. La mayor parte de la bibliografía existente, trata el tema así. Por lo tanto, cuando se realizan predicciones sobre el comportamiento mecánico, la carga fundamental es el peso propio de la bóveda.

Sin embargo, hay lugares en donde la situación es distinta. El intradós de las bóvedas se produce con geometrías similares a las ya conocidas, pero sobre su trasdós se localiza un relleno sobre el que se construye una azotea (a veces transitable). Esta inclusión tiene un impacto enorme en el comportamiento de la bóveda (mecánico, estanqueidad, cambios térmicos, etc...). Y, por otro lado, cuando se observan las cubiertas se manifiestan como *inconclusas*. Contribuir a concluir las y preservarlas en el tiempo es el objetivo fundamental de este artículo.

SUMMARY

Sometimes, when we visit a medieval temple and we observe the ribbed vaults that are developed on our heads, it costs certain effort to suppose that such a complex disposition only turns out to be an elaborated reinforcement stone roof, since on them there is willing a cover (usually wooden) that solves the contact with the external weather. Most of the existent bibliography, treats this way the topic. Therefore, when we are carried out predictions on the mechanical behaviour, the fundamental load is the dead load of the vault.

However, there are places where the situation is different. The internal surface of the vaults takes place with similar geometries to those already known, but have more than enough its external surface a filler it is located on the one that a roof is built (sometimes passable). This inclusion has an enormous impact in the behaviour of the vault (mechanic, water, thermal changes, etc...). And on the other hand, when the covers are observed they are manifested as non-concluded. To contribute to conclude them and to preserve them in the time is the fundamental objective of this article.

148-168

Palabras clave: bóveda, cubierta, gótico, comportamiento mecánico, patrimonio.

Key words: vault, cover, gothic, structural behaviour, heritage.

* Dpto. de Construcciones Arquitectónicas 1. Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción (I.U.C.C.), Universidad de Sevilla, España

** Universidad de Sevilla, España



Fig. 1. Construcción de bambú en la Bambouseraie de Anduze (Francia).

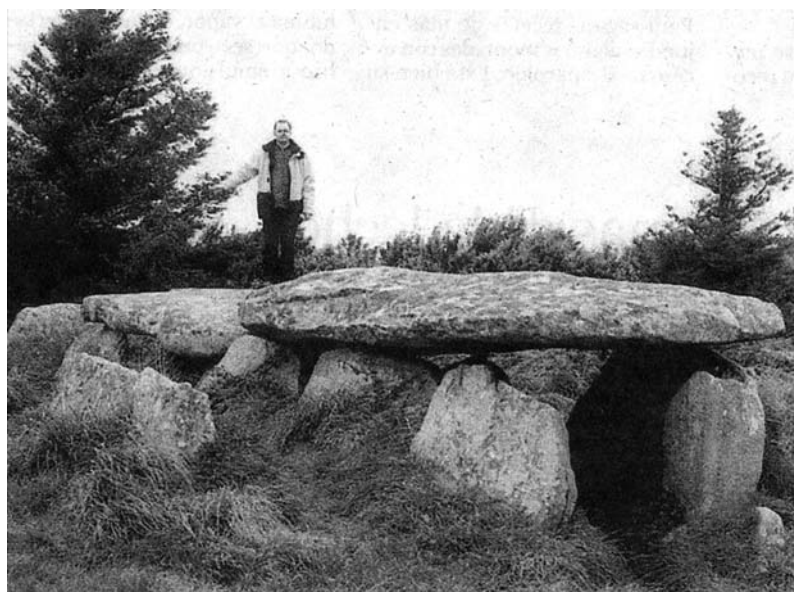


Fig. 2. Dolmen del s. IV A.D. en Carnac (Bretaña francesa).

1. ESPECIALIZACIÓN DE COMETIDOS: TECHO Y CUBIERTA

En las construcciones primitivas, como por ejemplo una cabaña de material vegetal o un dolmen de piedra (figs. 1 y 2) (1), no hay distinción entre techo, estructura, cubierta y cobertura. De hecho, una serie de maderos alineados apoyados sobre dos muros resolvían la cuestión (la estructura de maderos vista era a la vez techo, estructura y cubierta). En todo caso, el sistema podía completarse con la utilización de material de cobertura, normalmente vegetal.

Con la aparición de cubiertas de madera resueltas con armaduras aparece la posibilidad de que la estructura de cubierta quede oculta tras un falso techo clavado a los tirantes y que se distingan perfectamente los dos elementos.

A partir de aquí la especialización queda clara. El techo es el elemento arquitectónico superficial (puede ser plano o no) que resuelve el límite superior de un espacio. Las exigencias variarán en función de cómo esté resuelta la cubierta.

La cubierta es aquel sistema arquitectónico que una vez terminado por el material de cobertura, resuelve el contacto de un edificio con el ambiente exterior.

Desde un punto de vista de envolventes, el techo sería la hoja interior y la cubierta la hoja exterior en el caso de existir una cámara de aire entre ambos elementos (envolventes concéntricas).

En el caso de construirse una cubierta plana (una azotea) estaríamos ante una situación de envolventes tangentes, en donde un elemento se dispone sobre el otro sin que aparezca ningún tipo de cámara entre ambos.

En la búsqueda de posibilidades existen casos en donde a la vez se producen soluciones concéntricas y tangentes que son interesantes de analizar. Nos referimos a las soluciones en madera de par y nudillo, en las que el almizate definido a partir de los nudillos se comporta como un techo independiente de la cubierta.

En la figura 3 aparece representada una armadura de cinco paños correspondiente al capítulo 34 del manuscrito de Rodrigo Álvarez (2). En ella observamos cómo el techo se diferencia de la cubierta en los paños impares, y cómo coincide con ésta en los paños pares.

En la figura 4 se observa el intersticio entre el almizate y la cubierta en la iglesia

de Madre de Dios del Vado en Gibrleón (Huelva) (3).

En la situación anterior el espacio residual resultante tiene carácter de cámara de aire que bien utilizada puede mejorar las condiciones higrotérmicas del espacio habilitado.

Esta insinuación cobra fuerza en construcciones de fábrica medievales y posteriores en donde sobre las bóvedas de crucería se construye una cubierta totalmente independiente que resta cometido a las bóvedas y las convierte en *falsos techos de piedra*.

La figura 5 muestra una imagen del interior de Notre Dame en París. Cuesta trabajo imaginar que ese despliegue único de bóvedas sexpartitas responda realmente a un *techo*

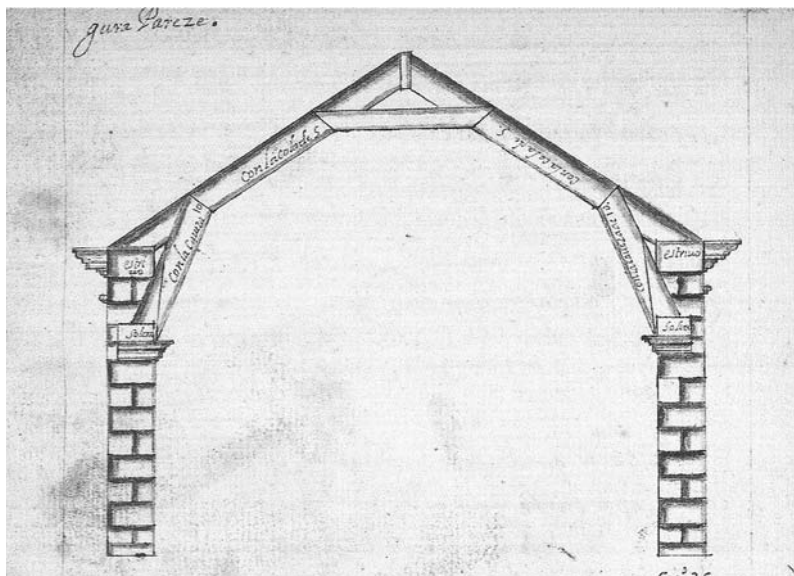


Fig. 3. Armadura de cinco paños.

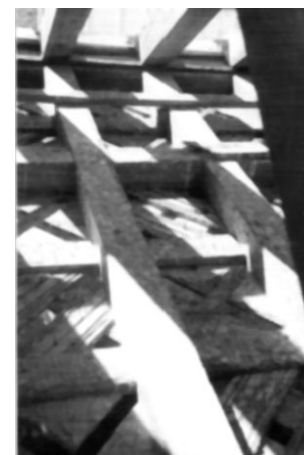
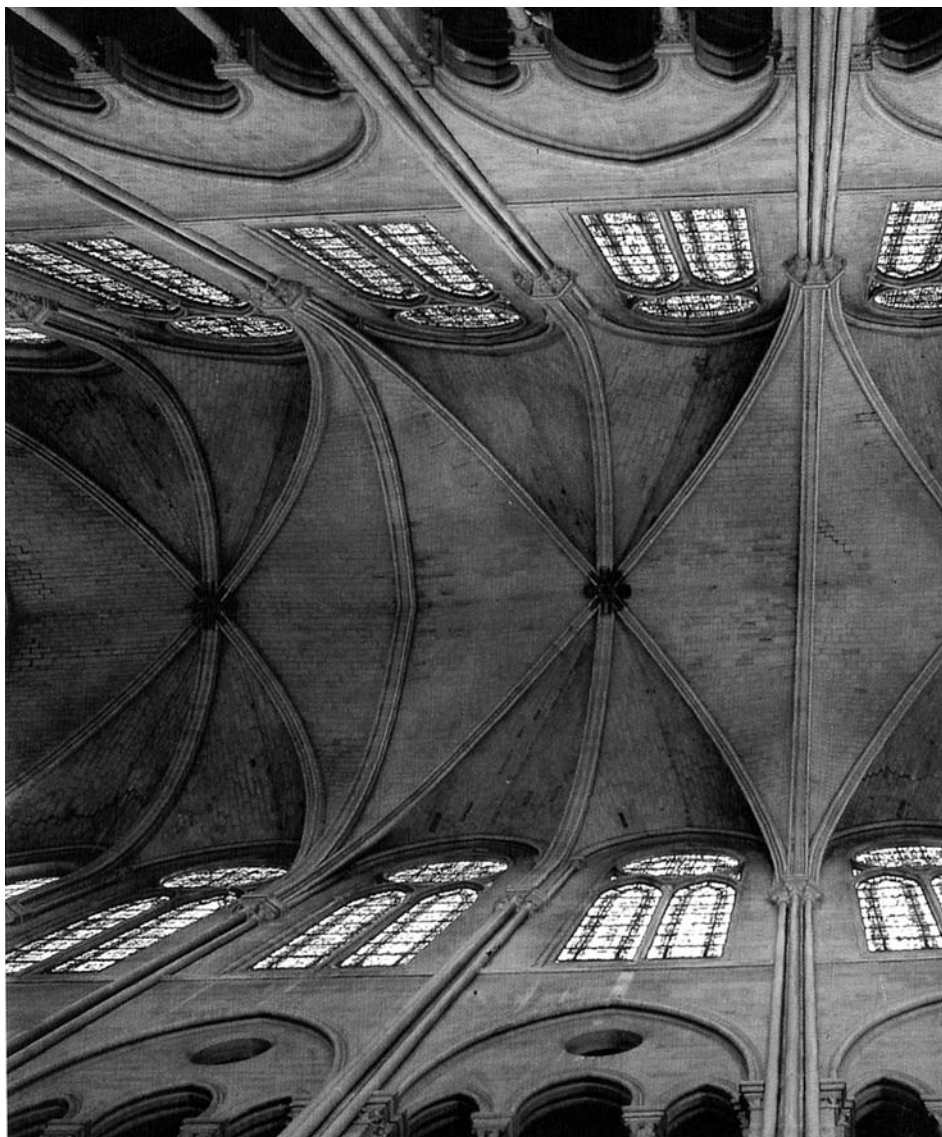


Fig. 4. Almizate.

Fig. 5. Notre Dame (París).

de piedra y que, como muestra la figura 6, sobre él se haya dispuesto una cubierta de madera de pendiente y material de cobertura adecuados.

Este modo de construir hace que las acciones exteriores debidas a la intemperie (viento y nieve) sean resistidas por la cubierta. Por lo que la acción más importante que solicita

Fig. 6. Exterior de Notre Dame (París).

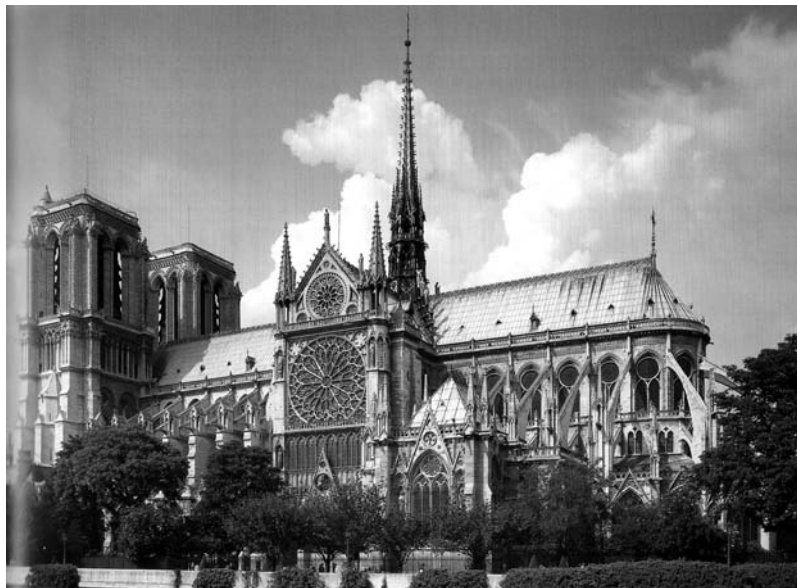


Fig. 7. King College (Interior).

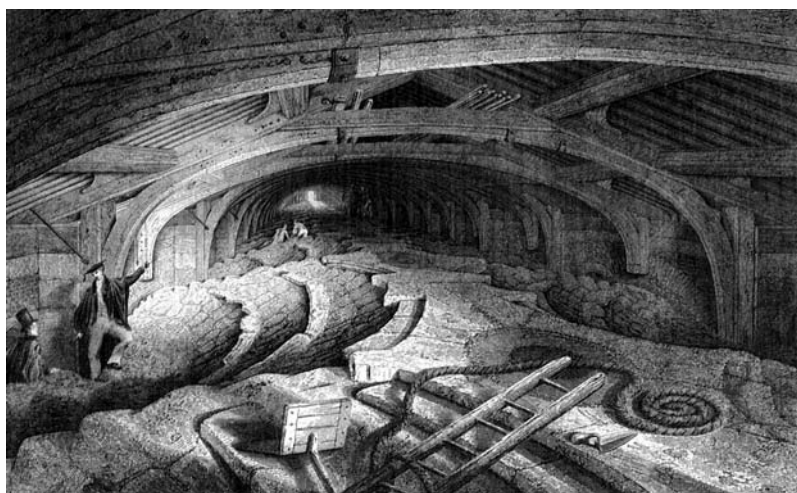


Fig. 8. King College (Interior).

fotografía de la figura 9, en donde se aprecia el estado en el que quedaron parte de las bóvedas de la Basílica de San Francisco de Asís (Italia) tras un episodio sísmico. Lo interesante es observar cómo la *cubierta* está intacta mientras el *techo* no.

Una vez aclarado el desequilibrio de comportamientos, es importante destacar cómo la situación manifestada incide sobre un aspecto muy relevante. Cuando un edificio se construye con idea de que perdure en el tiempo su diseño debe apoyar esta cuestión (obviedad que no siempre se da). Esta dualidad cubierta/techo (cuando la cubierta está bien resuelta) es un regalo de los antiguos constructores que debemos asumir como tal y contextualizarlo en nuestras obras de nueva planta.

a las bóvedas de piedra, es su peso propio, además de las acciones de ambiente (cambios de humedad, temperatura, etc...)

Esta situación mantenida en el tiempo lleva a la especialización de cometidos, tal como se observa en las figuras 7 y 8, en donde no sólo ha evolucionado el gótico (multiplicando terceletes y reduciendo el plemento a su mínima expresión) sino que además las carpinterías de cubierta se desarrollan y completan creando un repertorio de formas propias.

A partir de aquí cabe preguntarse sobre la capacidad mecánica de las bóvedas así construidas y si realmente son capaces de resistir *algo más que su peso propio*. La respuesta, evidentemente no es directa y hay que hacerla caso a caso. Como ejemplo se incluye la

2. LAS AZOTEAS DEL REINO DE SEVILLA

En 1248 Sevilla, tras cinco siglos de dominación árabe, es reconquistada. Sin menoscabar la figura de su conquistador, Fernando III, su hijo, Alfonso X, juega un papel crucial en el futuro construido de la ciudad. Debemos a su carácter intelectual y a su idea de imperio, la oportunidad de que en la actualidad aún contemos con varios edificios pertenecientes a la época de dominación almohade.

Esta idea *global*, que le lleva a comprender que la diversidad de culturas debe enriquecer y no separar, posibilita que en su reinado se integren ideas cristianas, árabes y semitas. Con este planteamiento, las construcciones que inicia están impregnadas de un halo



Fig. 9. Aspecto de una de las bóvedas tras la catástrofe (1997).

de integración que las hace irrepetibles. A estas producciones, de su reinado, Rafael Comas Ramos (4) las define como *Arquitectura Alfonsí*.

Entre 1260 y 1280 se funda el primer templo tras la reconquista de la ciudad, la iglesia de Santa Ana. Las trazas de éste son interesantes por muchos motivos, pero fundamentalmente porque está cubierto con bóvedas de nervaduras (nervios de piedra y plomo de ladrillo). Una cuestión fundamental es que está situado en el arrabal de Triana y por lo tanto extramuros. De ahí que en sus inicios estuviera fortificado, hasta tal punto que su

cubierta podía convertirse en una plaza de armas si era necesario. Esto automáticamente nos lleva a plantearnos cómo está construida esa *azotea transitable*.

La figura 10 resume y esquematiza el templo analizado. El aspecto que más interesa destacar es el del espacio que queda entre las bóvedas laterales y la central. Se trata de un espacio visitable desde la azotea y desde el que se puede registrar todo el interior del templo.

En la figura 11 observamos el aspecto completo de la azotea. Tal como se aprecia, está

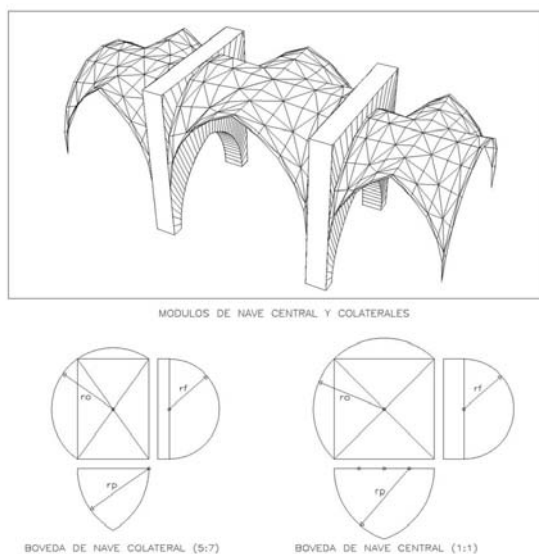


Fig. 10. Iglesia de Santa Ana (Sevilla). Nave lateral, módulo y trazas de las bóvedas.



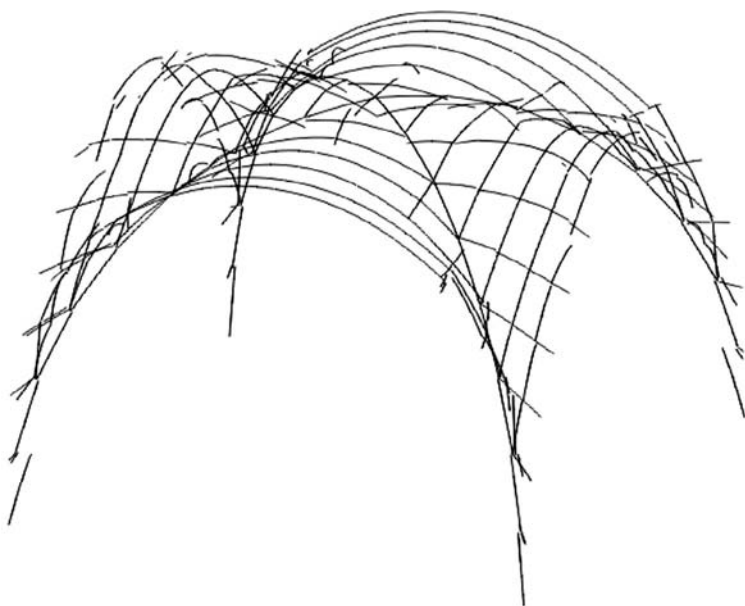
Fig. 11. Azotea de la iglesia de Santa Ana (Sevilla).

perfectamente resuelta. Posee la pendiente adecuada tanto para que el agua evacue hacia las gárgolas como para que por ella se transite sin problemas.

Puede intuirse que para construirla ha sido necesario disponer un relleno sobre el trasdós de las bóvedas sobre el que se ha dispuesto una doble solería cerámica.

Todo lo anterior, así resumido, nos lleva a considerar que la disposición constructiva modifica el esquema de cargas propio de la forma de las bóvedas. En efecto, la disposición de un relleno y que sobre éste actúen las cargas de nieve, temperatura y viento introduce un esquema de cargas particular en este tipo de bóvedas.

Fig. 12. Líneas de empujes en las bóvedas analizadas.



Tras un análisis exhaustivo, realizado en investigaciones anteriores (5) utilizando herramientas originales, se llegó a la conclusión que el factor fundamental que condiciona el comportamiento definitivo de este tipo de bóvedas, para las cargas analizadas, es su forma. Si además se busca durabilidad es necesario un correcto diseño de las soluciones constructivas y una elección adecuada de los materiales y del proceso constructivo.

De hecho, un relleno convenientemente dispuesto y con cohesión suficiente ayuda a centrar los empujes de la bóveda.

La figura 12 muestra la superficie de empujes (5) de las bóvedas de la nave central de la iglesia de Santa Ana.

Puede observarse cómo el plemento que se traza a partir de los arcos formeros (semi-circulares) plantea discontinuidades en el sentido transversal (la bóveda no empuja en ese sentido, sólo cerca de los arranques) y cómo en el tramo trazado a partir de los arcos perpiaños (apuntados) aparecen canalizaciones de las fuerzas en la dirección transversal.

Lo anterior es importante. Ya que pone de manifiesto que para la geometría de bóvedas analizada construir una azotea no es un problema. Las bóvedas presentan un problema de fisuración intrínseco ligado a su forma que, en principio, es independiente de la solución de cubierta que la precede.

Lo que realmente validará la solución será la resolución de la azotea. Si ésta es correcta, suficientemente estable a la temperatura,

estanca y con una disposición que facilite rápidamente la evacuación del agua, con un mantenimiento adecuado perdurará en el tiempo.

De forma curiosa, este ejemplo primero en el tiempo y resuelto de forma correcta, no es seguido por otros templos más ambiciosos en tamaño, formas y simbolismo.

Las imágenes representadas en las figuras 13 y 14 corresponden a la Iglesia de San Miguel en Jerez de la Frontera (Cádiz). Tal como se observa las bóvedas representadas presentan formas propias del XVI con la aparición de nervaduras de diversa índole (terceletes, ligaduras y combados).

Pero lo más interesante (en este caso) de este templo, no es su aspecto interior. En las figuras siguientes, se representan diversas visiones de su cubierta. Tal y como se observa, ésta es una azotea pero con una resolución distinta a la que habíamos visto en el ejemplo anterior.

Tanto en las bóvedas bajas (naves laterales) como en las bóvedas altas (nave principal) la cubierta dispuesta (azotea no transitable) no tiene una entidad propia. Está adaptada a la forma de las bóvedas, mostrando una imagen contradictoria ya que formalmente posee una enorme fuerza pero desde un punto de vista constructivo deja bastante que desear. Los valles creados sin posibilidad de evacuación o la situación mínima de éstos por falta de mantenimiento hacen que el



Fig. 13. Interior de la iglesia de San Miguel (Jerez de la Frontera, Cádiz).

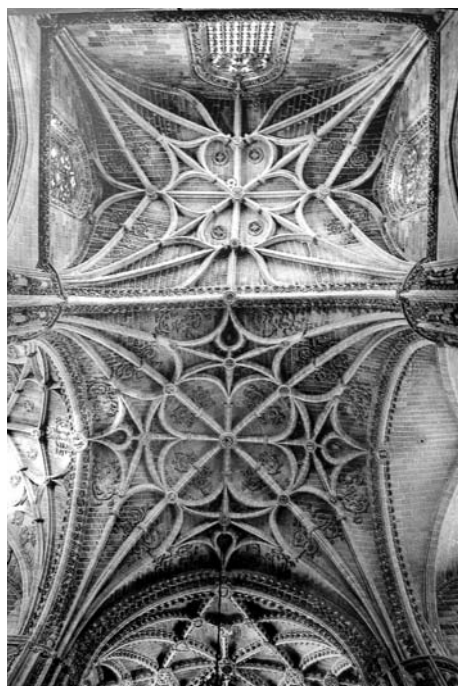


Fig. 14. Crucero de la iglesia de San Miguel (Jerez de la Frontera, Cádiz).

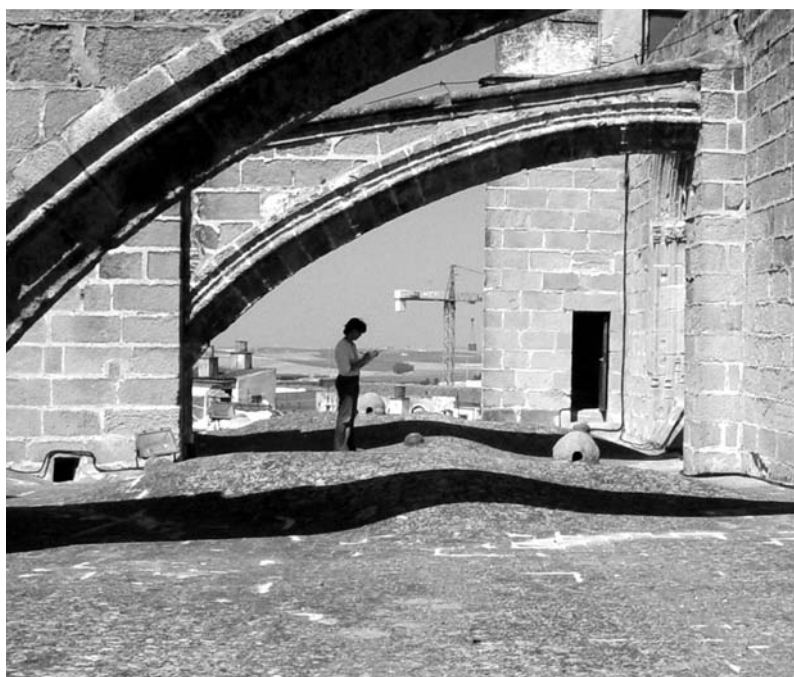


Fig. 15. Cubierta sobre bóvedas bajas.

agua permanezca acumulada en época de lluvias el tiempo suficiente como para que, por filtración, alcance a la parte resistente y, lo que es peor, a los nervios con misión decorativa que no forman cuerpo con la bóveda y que por falta de adherencia pueden desprenderse.

Con la idea de comprobar el intervalo resistente de los elementos estructurales del edificio ya que como consecuencia de las

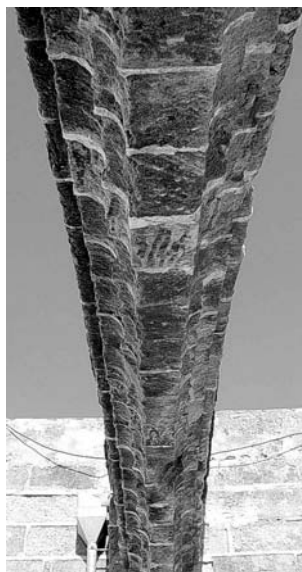


Fig. 16. Arbotantes.



Fig. 17. Cubierta sobre bóvedas altas.

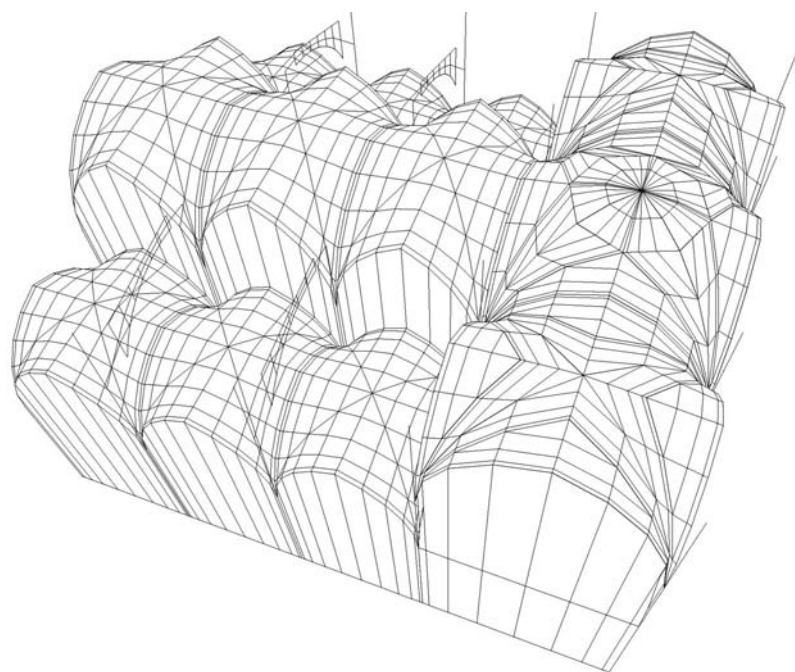


Fig. 18. Modelo de cálculo realizado.

ganancias de humedad los ensayos realizados pusieron de manifiesto que el material (muy poroso, mal elegido) perdía mucha resistencia, se realizó el modelo que aparece en la figura 18, observándose parte de los resultados en la figura 19.

El análisis realizado puso de manifiesto que el edificio es muy estable (obviamente lleva 450 años en pie) y que el umbral de resistencia requerido a los diferentes elementos no es preocupante para ninguno de ellos. Pero puede llegar a serlo sobre todo en los enjarjes de las bóvedas y en la zona de encuentros con los arbotantes si no se hace nada al respecto en materia de resolución de la cubierta.

La situación detectada no es única para los casos mencionados sino que aparece también en otros templos del Reino de Sevilla, entre los que podemos destacar la Catedral de Sevilla o la Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción, en Aroche, Huelva.

La tabla 1 de la página siguiente muestra una relación de ejemplos en el Reino de Sevilla que comparten la solución de la cubierta descrita, de la que hay constancia que se empleó no sólo en el sur de España sino en el ámbito del Mediterráneo y que se trasladó al Nuevo Mundo (6).

Esta solución genera una serie de problemas que son constructivos y que podrían resolverse con un diseño adecuado que materialice rápidamente las dos reglas fundamentales de una buena cubierta, evacuar el agua cuanto antes y ser suficientemente estanca.

Respecto a lo anterior puede compararse la Iglesia de Santa Ana y la Catedral de Sevilla, destacando que el diseño y resolución de las azoteas de la primera ha permitido su correcto funcionamiento, frente a las continuas actuaciones de mantenimiento, muchas veces ligadas a operaciones de emergencia, de las cubiertas de la Catedral. Fijémonos únicamente en las Naves Central y del Crucero, sobre las bóvedas altas de la Catedral, mostradas en la figura 22.

El hecho de no disponer de un relleno que proporcione la adecuada pendiente de evacuación, como sí ocurre en Santa Ana, provoca que cuando llueve, siendo en Sevilla muy frecuente, de forma torrencial, cualquier obstáculo en los caños de salida a los arbotantes de las Naves Laterales produciría una acumulación de agua sobre los arranques de las bóvedas.

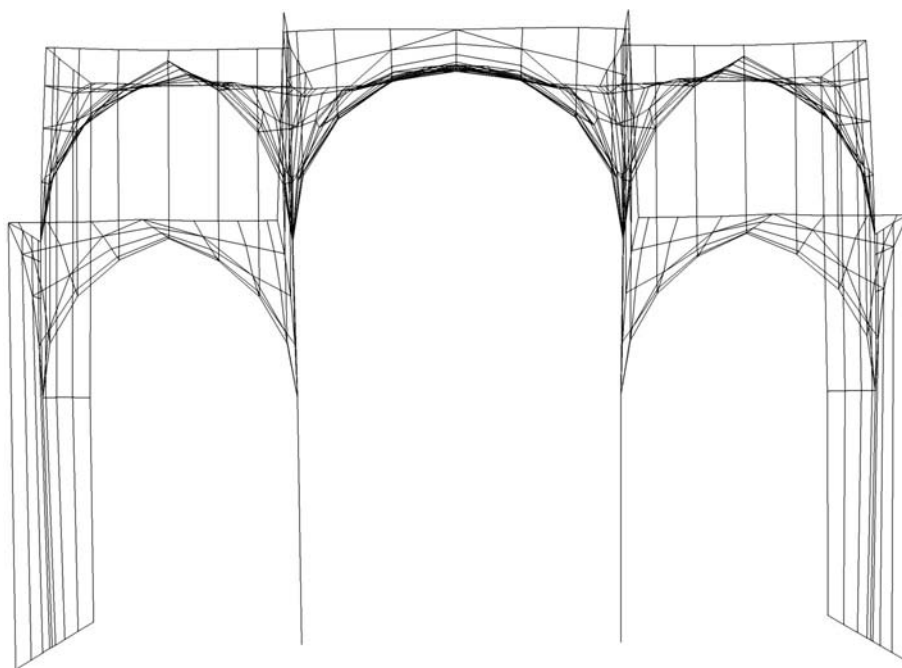


Fig. 19. Deformada (x 50 veces) del tramo del crucero.

Tabla 1

TEMPLO	UBICACIÓN
Santa Ana	Triana. Sevilla
San Antón de los Templarios	Trigueros. Huelva
San Isidoro del Campo	Sevilla
Monasterio de Santa Clara	Moguer. Huelva
Catedral de Sevilla	Sevilla
Castillo de Aracena	Aracena. Huelva
Cartuja de Cazalla de la Sierra	Sevilla
Nuestra Señora de la Asunción	Aroche. Huelva
Santa M ^a Coronada	Medina Sidonia. Cádiz
San Miguel	Jerez de la Frontera. Cádiz
San Marcos	Jerez de la Frontera. Cádiz
Santa M ^a de la Granada	Niebla. Huelva
Iglesia de San Jorge	Palos de la Frontera. Huelva



Fig. 20. Interior de la iglesia de Nuestra Señora de la Asunción (Aroche).

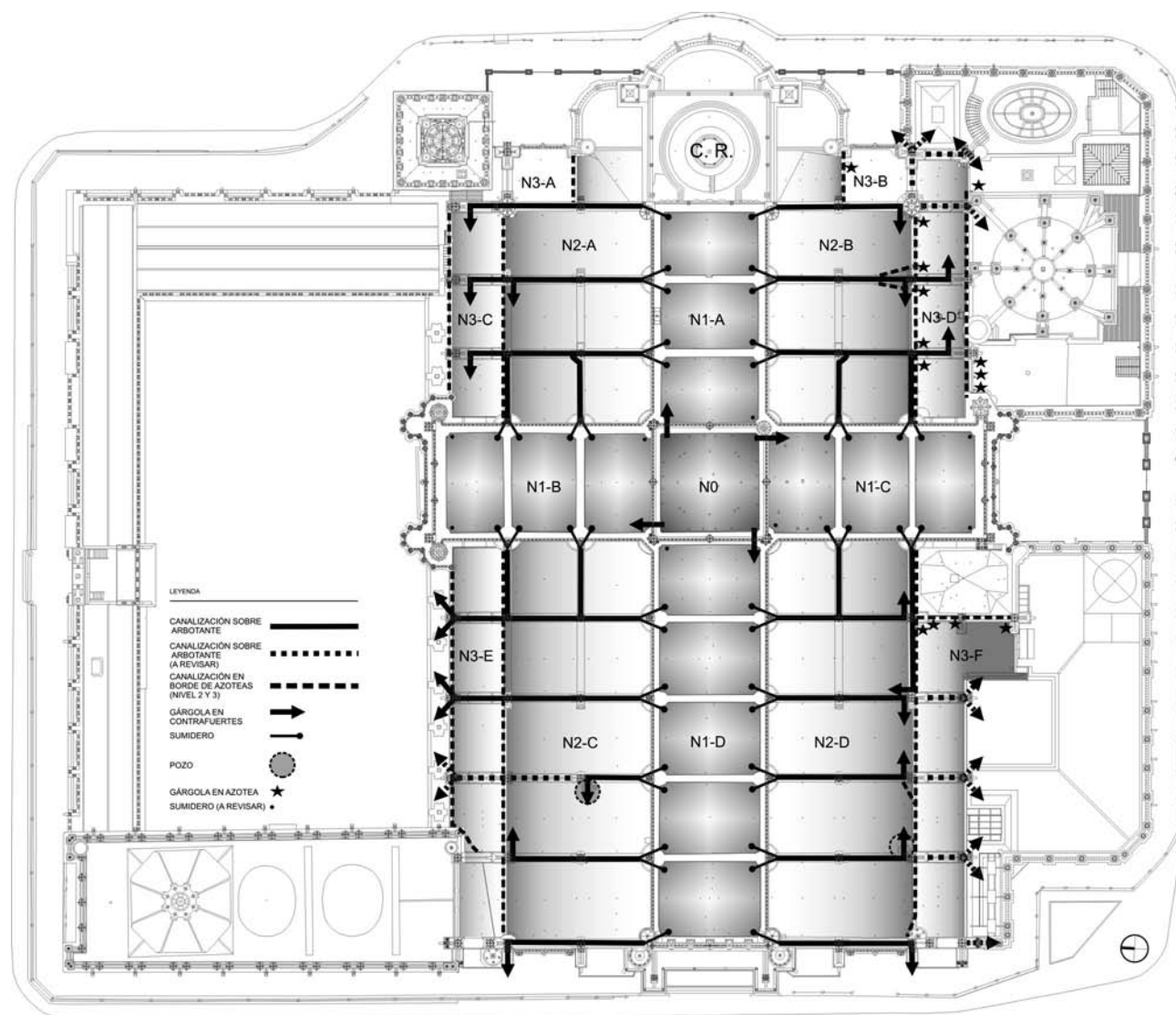


Fig. 21. Cubiertas de la iglesia de Nuestra Señora de la Asunción (Aroche).

Fig. 22. Cubierta sobre las bóvedas altas en la Catedral de Sevilla.



Fig. 23. Esquema de recorridos de evacuación de aguas pluviales en la Catedral de Sevilla.



La figura 23 muestra el largo camino que debe recorrer el agua desde las naves altas hasta encontrar una vía de evacuación (7).

3. ACTUACIONES: HACIA LA ENVOLVENTE DEFINITIVA

Evidentemente, lo expuesto en este artículo forma parte de una línea de investigación que busca en los tipos históricos su esquema profundo con idea de contextualizar este conocimiento en situaciones actuales que no tienen que ser necesariamente de rehabilitación o de intervención en edificios ya construidos.

Esta línea de trabajo, que busca fundamentalmente obtener conocimiento, intenta plantear que en materia de intervención en edificios antiguos, la historia de éste es tan importante como el propio edificio. De hecho, la acción más importante que lo solicita es *el paso del tiempo*. Situación que al no ser tangible no es fácil de incluir en los análisis. De la posibilidad de poder materializar esta cuestión dependen bastante los resultados del análisis realizado, independientemente del grado de precisión de las herramientas empleadas.

Cuando se analiza una cuestión como la resolución correcta de una azotea que pertenece a un edificio emblemático, existen dos posibilidades:

- Desde un punto de vista de **reparación** y teniendo claro que la intervención no es definitiva y hay que mantenerla con el tiempo. En muchos casos con impermeabilizar correctamente el paramento exterior, es suficiente si hay pendientes adecuadas y no hay posibilidad de que el agua se es-

tanque. Para la realización de esta operación se deberá emplear un producto homologado con tamaño suficiente de partículas que no colmate por completo la red menuda de la piedra, que le permita transpirar. En las zonas conflictivas (encuentros, esquinas poco soleadas, etc...) deberá emplearse un tratamiento bastante más potente, a base de pinturas elastoméricas compatibles con la piedra o ladrillo base de la cubierta.

En aquellos lugares donde la geometría provoca que el agua se encharque y acumule, evidentemente, hay errores de diseño, por lo que en teoría habría que subsanarlos cambiando la pendiente de la cubierta, buscando su evacuación correcta y resolviendo superficialmente, como en el punto anterior.

- Sin embargo, desde un punto de vista de **intervención**, sería necesario construir una nueva cubierta sobre la existente que resuelva de una vez y de forma definitiva la estanqueidad y la evacuación.

Las propuestas pueden ser diversas, pero en la actualidad, gracias a lo aprendido, a lo experimentado y construido, se cuenta con sistemas ligeros que producirían un impacto mínimo en los edificios a intervenir y que incluso podrían retirarse en el periodo estival. Esto último será materia de un futuro artículo.

AGRADECIMIENTOS

A Marta García de Cassasola Gómez y a Beatriz Castellano Bravo, arquitectas del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico por contar conmigo en la intervención en San Miguel de Jerez. A Ángel Luis Candelas por prestarme las fotografías de su libro.

REFERENCIAS

- (1) Diario El País, sábado 12 de enero de 2008.
- (2) Candelas Gutiérrez, A.L. Carpintería de lo blanco onubense. Diputación de Huelva. Huelva, 2001.
- (3) Idem (2)
- (4) Comes Ramos, R.: "La arquitectura Alfonsí". Excma. Diputación Provincial de Sevilla. Sevilla, 1974.
- (5) Gómez de Cózar, J. C.: Tesis Doctoral. "Análisis de estructuras espaciales de fábrica (bóvedas y cúpulas) en construcciones históricas". Inédita. Dto. De Construcciones arquitectónicas 1. Universidad de Sevilla. Sevilla, 2001.
- (6) Sobre este asunto está escribiendo la Tesis Doctoral la arquitecta D^a. Rosa Benítez Bodes, dirigida por los Doctores arquitectos D. Alfonso Jiménez Martín y D. Juan Carlos Gómez de Cózar.
- (7) Benítez Bodes, R.: "Notas sobre la evacuación de aguas pluviales en la Catedral de Sevilla". Actas del Symposium Internacional sobre la Catedral de Sevilla en el contexto del gótico final. Taller Dereçeo. Sevilla, 2007, pp. 247-259.
