

Espacios acoplados en la Mezquita-Catedral de Córdoba: el sonido de los límites

Coupled spaces in the Cathedral-Mosque of Córdoba: the sound of the limits

R. Suárez^(*), J. J. Sendra^(**), J. Navarro^(**), A. L. León^(*)

RESUMEN

La Mezquita-Catedral de Córdoba supuso, en su momento, una forma de intervención singular sobre un edificio preexistente, siendo un lugar de culto destacable para la cultura islámica, que la civilización cristiana conquistadora quería ocupar. Usualmente esa intervención consistía en una nueva construcción que garantizase el dominio ideológico sobre la cultura precedente, borrando sus huellas. Sin embargo, en este caso se produce una metamorfosis del edificio musulmán para adecuarlo a las nuevas exigencias de la religión cristiana, pero sin perder su propio carácter. El espacio horizontal y abstracto de la mezquita se transforma mediante la inserción de dos espacios claramente occidentales y verticales: dos catedrales, una gótica y otra renacentista.

Esos dos espacios catedralicios presentan tipologías bien definidas, cuyas características acústicas en algunos casos han sido estudiadas y son conocidas de general. Sin embargo, en la Mezquita-Catedral de Córdoba, este comportamiento difiere del que correspondería a esas tipologías, generándose unas conductas acústicas singulares que son objeto de estudio en este trabajo.

Los límites que conforman los diferentes recintos —virtuales y no materiales— son los responsables de la mejora en el comportamiento acústico de cada uno de los espacios. Estos límites, más que fronteras entre dos espacios, se comportan como elementos energéticos que se nutren de la tensión provocada por las diferencias entre ellos.

225-1

Palabras clave: acústica, Mezquita, Iglesia, Córdoba.

SUMMARY

The Cathedral-Mosque of Córdoba represented, in its day, a remarkable form of intervention in a pre-existing building, being an important place of worship for islamic culture, which the conquering christian civilization wished to occupy. Intervention of this type usually consisted of a new construction which would guarantee ideological domination over the previous culture and wipe out all traces of it. However, in this case the moslem building underwent a metamorphosis to adapt it to the new requirements of the christian faith, but without losing its individual character. The horizontal, abstract space of the mosque was transformed by the insertion of two spaces which were clearly western and vertical: two cathedrals, one gothic and the other renaissance.

These two cathedral spaces present well-defined typologies, the acoustic features of which have in some cases been studied and are generally known. However, in the Cathedral-Mosque of Córdoba, this behaviour differs from what would normally be expected of these typologies, with some special acoustic features being generated which are the object of the present study.

It is the boundaries delimiting the different areas - virtual and non-material- which are responsible for the improved acoustics in each of the spaces. These limits behave, rather than as boundaries between two spaces, as energizing elements which are fed by the tension provoked by the differences between them.

Keywords: acoustics, Mosque, Church, Córdoba.

^(*)Dr. Arquitecto; ^(**)Catedrático de Universidad
Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción (IUCC), Universidad de Sevilla, ESPAÑA

1. INTRODUCCIÓN

Córdoba, capital de *al-Andalus*, albergó la mezquita de mayor tamaño de cuantas llegaron a construirse en el oeste del mundo musulmán. Su conservación hasta nuestros días constituye un hecho de trascendental relevancia histórica y cultural. El edificio que hoy vemos es el resultado de un largo proceso de adiciones y transformaciones que se inició bajo el dominio musulmán y que se completa, tras la conquista cristiana de la ciudad, mediante la inserción de dos catedrales dentro del espacio musulmán.

La mezquita, tras la conquista de Córdoba en 1236, fue consagrada al culto cristiano. En 1489, se inicia la transformación cristiana de la Mezquita de Córdoba. El espacio islámico, que señala una orientación definida por la situación del *mihrab* (Figuras 1.a y 2), era espacialmente inadecuado para el culto cristiano que, siguiendo la tradición de las basílicas, siempre ha sido un espacio perspectivo, fugado y convergente en un punto, por lo que se decide abrir una nave longitudinal dentro de la trama espacial islámica.

El nuevo espacio es una nave de planteamientos góticos, que se inserta sin notoriedad en el tejido de la mezquita, que se excava y se traza sobre ésta, conformando un ámbito abierto, diáfano y permeable visualmente, de límites virtuales, que respeta de una forma sutil una de las ideas principales de la mezquita: la valoración del espacio continuo e indiferenciado mediante múltiples ejes de visualización (Figuras 1.b y 3).

En 1521, se decide edificar en el centro de la mezquita una capilla mayor y un coro en forma de cruz latina inscrita en un rectángulo, mientras que el papel de las naves y el deambulatorio se le confía al espacio primitivo de la mezquita (Figuras 1.c y 4).

La obra renacentista se inserta con gran maestría en una arquitectura islámica, a priori incompatible, mediante una operación resuelta con gran sensibilidad, al labrar un templo diáfano y permeable, donde la ocupación por parte del crucero es de una traza y una superficie mínima, oponiéndose así a la dilatada extensión de la planta árabe, desarrollándose por el contrario en vertical, a través de una transición de altura desde la escala humana del templo árabe a la grandiosidad de la catedral (1).

La Mezquita-Catedral de Córdoba es un claro ejemplo de un edificio en continua evolución, que ha sufrido ampliaciones, reformas y alteraciones de sus espacios, adaptándose a necesidades muy diversas, propias del paso del culto musulmán al cristiano, transformando para ello su imagen. Los mecanismos formales de composición del edificio musulmán son los encargados de mantener la identidad de la estructura tipológica, calificando al edificio para ser utilizado de modo práctico para usos diferentes a los que tuvo en su origen (2).

La transformación de la Mezquita-Catedral de Córdoba, para adecuarse a los sucesivos usos que de ella se demandaban, es un ejemplo claro de una obra en la que se han aplicado inteligentemente los instrumentos compositivos necesarios para la resolución de los problemas de cada momento, contribuyendo, además,

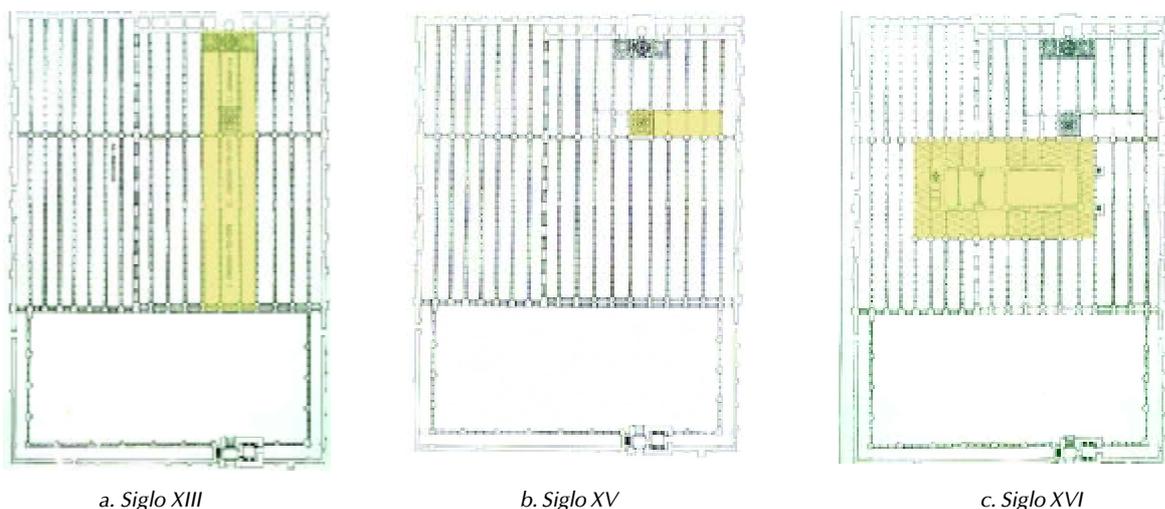


Figura 1. Evolución de la Mezquita-Catedral con delimitación de los espacios litúrgicos analizados: a. Siglo XIII, b. Siglo XV, c. Siglo XVI.

a mejorar la calidad arquitectónica del conjunto. El criterio general de las intervenciones ha sido el de seguir la manera y el estilo preponderante en el momento histórico en el que estas intervenciones se producían, con una primera catedral gótica y una segunda renacentista, surgiendo una serie de elementos arquitectónicos que dan respuesta a las condiciones impuestas por las diferentes liturgias, entre ellas, aunque posiblemente de un modo inconsciente, las acústicas.

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

La Mezquita-Catedral de Córdoba, con sus dos catedrales cristianas: la gótica y la renacentista, y las naves musulmanas acopladas a ellas, posee una complejidad espacial muy acusada, aún mayor que la normalmente presente en otras catedrales de similares tipologías, lo que da lugar a unas conductas acústicas singulares que son objeto de estudio en este trabajo, continuación de otros realizados por los mismos autores sobre este destacado conjunto arquitectónico (3).

La presencia de un gran número y variedad de espacios anexos a los principales añade complejidad acústica a esa complejidad espacial. El estudio de los límites entre los mismos, una veces materiales, otras virtuales, y su relación con la acústica del conjunto, es otro de los objetivos de la investigación.

3. METODOLOGÍA

La metodología de los estudios acústicos en espacios eclesiales (como los de la Mezquita-Catedral de Córdoba) difiere de la otros espacios arquitectónicos (teatros, salas de concierto, etc.) muy especialmente por la notable incidencia que en la acústica tiene la presencia de espacios anexos al principal.

3.1. Espacios eclesiales anexos al principal: espacios acoplados y espacios complementarios

En las iglesias existe normalmente una serie de agrupaciones que, en ocasiones, genera una cierta complejidad espacial. Así, al volumen principal se le anexionan espacios secundarios, como pueden ser capillas, camarines, coros, capillas laterales... Acústicamente es de especial importancia la valoración de los mismos, pues se trata de espacios que se configuran por resonancia, y se expresan merced a la amplificación o al intercambio de energía con el volumen principal, contribuyendo además a producir una mayor difusión sonora en este último.

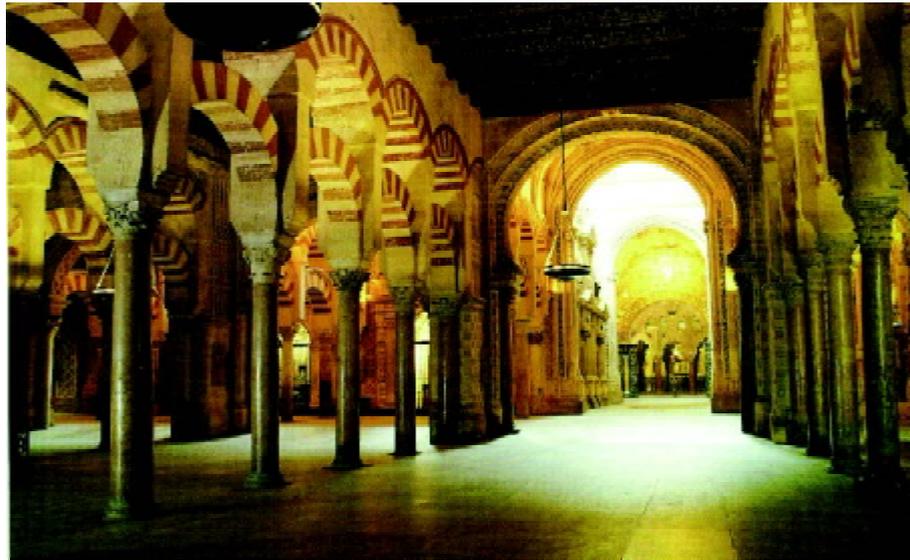


Figura 2. Eje del Mihrab .

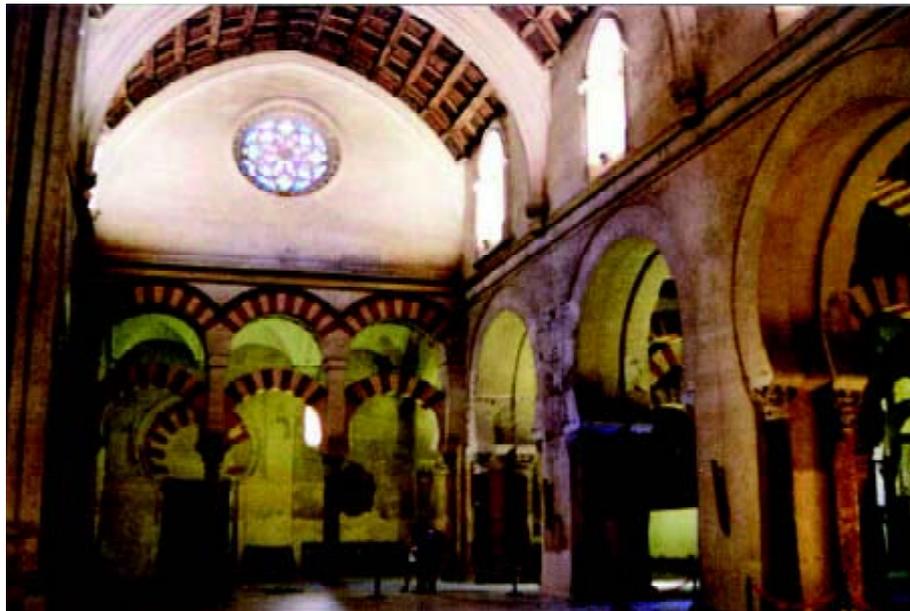


Figura 3. Capilla de Villaviciosa.

Las características acústicas de estos espacios influyen notablemente en el tiempo de reverberación del volumen principal: si son semirreverberantes, actúan como la caja de resonancia de un instrumento, aumentando el nivel sonoro en el principal; en cambio, si son reverberantes, actúan como excitadores incontrolados de este último.

Ahora bien, la valoración acústica es diferente de considerar a esos espacios anexos como espacios acoplados o como espacios complementarios al volumen principal. La existencia de los primeros, en función de su grado de acoplamiento, junto con la cantidad de sonido difuso que generan, dan lugar a un notable aumento de la absorción

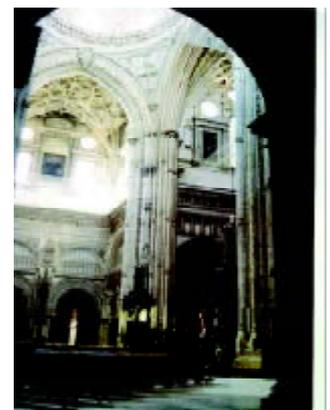


Figura 4. Crucero-Catedral.

sonora, especialmente significativo en grandes recintos (4). Por el contrario, si los espacios adyacentes se encuentran vinculados acústicamente al volumen principal, de modo que, en la práctica, todo el conjunto puede ser considerado como un único volumen, existe una transferencia de energía entre éstos y el volumen principal, que puede suponer un aumento del tiempo de reverberación.

La utilización de la fórmula de Sabine se considera, en general, adecuada para la estimación del tiempo de reverberación en iglesias pero, dada su acostumbrada complejidad espacial, muy frecuentemente debe tenerse en cuenta la existencia de espacios acoplados, y la fórmula de Sabine no considera la presencia de los mismos espacios, a menos que las pendientes de las curvas de extinción sean semejantes en el principal y en los acoplados (5).

Actualmente no existe aún un algoritmo fiable que permita determinar si, en una iglesia, dos espacios se encuentran acoplados (6). Normalmente se suele recurrir a la combinación de dos métodos, uno geométrico y otro energético:

Se pueden considerar efectos de acoplamiento si el área de la superficie virtual de separación entre volumen principal y acoplado es sustancialmente más pequeña que el área total de las paredes de este último (7). Por lo tanto, uno de los principales parámetros a tener en cuenta será la profundidad del espacio acoplado, así como las dimensiones de la superficie virtual de separación.

El estudio de las curvas de extinción del sonido, a partir del método de integración inversa de Schroeder, permite saber si dos espacios se encuentran acoplados, pero en espacios complejos puede llegar a ser difícil determinar el número de pendientes de las curvas de extinción existentes. El empleo de la teoría probabilística bayesiana, propuesto por Xiang y Goggans (8), proporciona un método más eficaz para el análisis de las curvas de extinción en espacios acoplados, ya que puede proporcionar una estimación cuantitativa de cuántas pendientes de esas curvas de extinción existen en una función de Schroeder.

3.2. Metodología del estudio acústico de la Mezquita-Catedral de Córdoba

En la Mezquita-Catedral de Córdoba se recurre a la obtención de resultados experimentales, con el fin de conocer cuál es el

comportamiento y vinculación acústica que existen entre los espacios que caracterizan al conjunto.

Para ello, se realizaron mediciones acústicas in situ en los tres espacios litúrgicos principales del edificio (Figura 1): en la mezquita (zona del *mihrab*), en la capilla de Villaviciosa y en el crucero-catedral.

Las medidas acústicas se llevaron a cabo bajo las siguientes condiciones: edificio cerrado a cualquier actividad con espacios sin mobiliario, excepto en el crucero-catedral donde bancos de madera estaban situados bajo la zona de la cúpula y en el coro.

3.3. Procedimiento y sistema de medida

Para las medidas in situ del tiempo de reverberación se han seguido las recomendaciones de la norma ISO 3382 (9). Para dicha medición se ha utilizado el método del impulso integrado (10), promediando espacialmente todos los puntos para cada uno de los espacios. La respuesta al impulso (generado mediante un disparo de fogeo), en los diferentes puntos de medida, era captada y registrada mediante un micrófono (B&K 4165), incorporado al correspondiente preamplificador (B&K 2639), conectados, a través de una fuente de polarización de micrófonos (B&K 2804), a un registrador magnético DAT Sony PC204 (Figura 5).

3.4. Posición de fuentes y receptores

En cada uno de los tres espacios litúrgicos, los focos sonoros (F) se situaron en el punto más usual de ubicación de la fuente natural: en el eje central de la *macsura* y en los presbiterios, a una altura de 1,60 m. Los micrófonos receptores se distribuyeron en las zonas de audiencia. Dichos receptores se situaban a la altura del oído de los espectadores (aproximadamente 1,2 m sobre el suelo).

4. ANÁLISIS ACÚSTICO

Los parámetros obtenidos a partir de las medidas acústicas realizadas in situ, se han comparado y completado con la información obtenida mediante la simulación del campo sonoro en cada uno de los distintos espacios, utilizando modelos informáticos tridimensionales. Las simulaciones se han desarrollado mediante el programa CATT-Acoustics (v.7.2.f.) (11).

A partir de los valores obtenidos en los puntos de medida, para cada uno de los tres espacios litúrgicos principales, se han obtenido

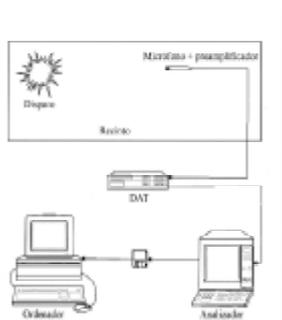


Figura 5. Sistema de adquisición de datos.

los tiempos de reverberación promediándolos para los siguientes ámbitos presentes en los mismos (Tabla 1):

Para todos los puntos de cada espacio.

Para los puntos de los ámbitos centrales: el eje principal formado por el *mihrab* y el lucernario de Villaviciosa en la mezquita (sombreado de la Figura 6), la nave gótica de la capilla de Villaviciosa (sombreado de la Figura 7) y la planta de cruz latina formada por el altar mayor, brazos del crucero y coro en el crucero-catedral (sombreado de la Figura 8).

Para el resto de puntos, fuera de estos ámbitos centrales, ubicados en las naves musulmanas.

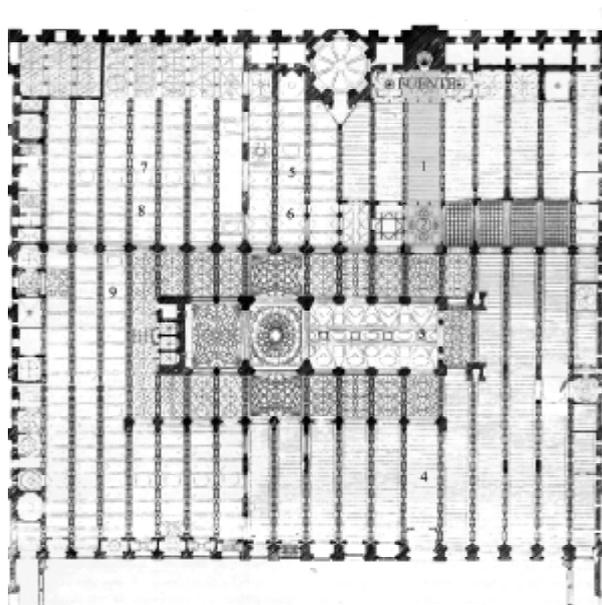


Figura 6. Situación de los puntos de medida. Mezquita.

Los tiempos de reverberación medidos dependen de la posición de la fuente y de los receptores, observándose cómo aumentan sensiblemente al incrementarse el volumen del espacio principal excitado, con una mayor diferencia en sonidos graves. La similitud de valores del tiempo de reverberación en sonidos agudos, en los tres ámbitos, se debe principalmente al efecto absorbente sonoro del aire contenido en cada uno de ellos (la absorción debida al aire se manifiesta en altas frecuencias y su valor es directamente proporcional al volumen).

Los tiempos de reverberación obtenidos en los puntos de los ámbitos centrales, de cada uno de esos tres espacios litúrgicos principales, presentan unos valores homogéneos, mientras que en los espacios adyacentes

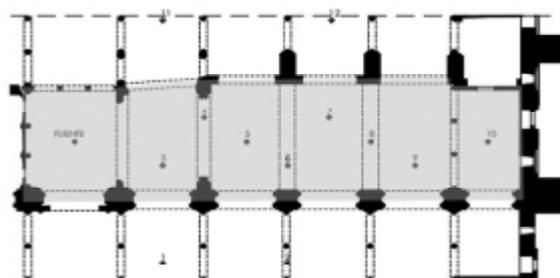


Figura 7. Situación de los puntos de medida. Capilla de Villaviciosa.

Tabla 1
 Tiempos de reverberación (s) medidos

Mezquita (Volumen 134.700 m³)

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Promedio todos los puntos	6,57	5,33	4,67	4,05	3,54	2,56
Promedio puntos eje Villaviciosa-mihrab	6,34	4,99	4,38	3,79	3,32	2,27
Promedio puntos naves musulmanas	6,64	5,59	4,90	4,26	3,71	2,80

Mezquita (Volumen 134.700 m³)

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Promedio todos los puntos	3,72	3,76	3,71	3,25	2,76	1,67
Promedio puntos nave gótica	3,61	3,70	3,67	3,20	2,73	1,83
Promedio puntos naves musulmanas	3,92	3,88	3,80	3,36	2,82	1,95

Crucero Catedral (Volumen 22.114 m³)

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Promedio todos los puntos	5,06	4,62	4,30	3,77	3,00	1,96
Promedio puntos crucero	4,33	4,07	3,91	3,40	2,66	1,67
Promedio puntos naves laterales	5,27	4,91	4,62	3,98	3,17	2,06

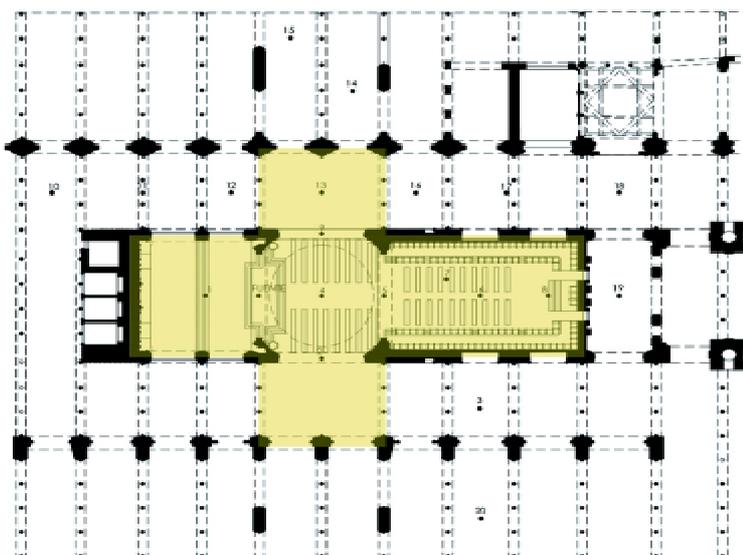


Figura 8. Situación de los puntos de medida. Crucero-Catedral.

estos valores son algo más elevados (pueden llegar a ser un 20% superior). Estos últimos son, pues, más reverberantes lo que supone una disminución en su contribución a una mayor difusión sonora del ámbito central.

Teniendo en cuenta estos resultados y este comportamiento acústico, y tomando como base los valores promediados de los tiempos de reverberación para los ámbitos centrales, se construye, mediante simulación informática, un modelo tridimensional que considera el espacio eclesial como un volumen único, formado por los espacios principales de las dos catedrales, inserto dentro del volumen de la mezquita-catedral, que se considera acoplado al primero (Figuras 9 y 10).

Se computa la absorción sonora proporcionada por el suelo, techo y paredes, a partir de los coeficientes de absorción de las diferentes superficies. Calculada dicha absorción para las frecuencias de octava, se constata, como no podría ser de otro modo, que es menor de la que corresponde a los tiempos de reverberación medidos, ya que la

superficie de separación entre el volumen principal y el acoplado (aperturas de la catedral con las naves musulmanas adyacentes de las Figuras 11 y 12) actúan como unas superficies virtuales que proporcionan una absorción sonora adicional (la necesaria hasta alcanzar los valores de absorción sonora obtenidos para el recinto a partir de los tiempos de reverberación medidos). Una vez conocida esta absorción sonora adicional, podemos hallar los coeficientes de absorción de estas superficies virtuales de separación. Los valores obtenidos se expresan en la Tabla 2.

En la capilla de Villaviciosa los valores obtenidos se pueden considerar razonables comparados con el coeficiente de absorción de $a=0.38$, obtenido por Shankland & Shankland en la basílica de San Pablo Extramuros de Roma (4). La permeabilidad física entre espacio principal y espacios acoplados, la posición de la fuente y la mayor reverberación de la mezquita, dan lugar a que el sonido abandone la nave gótica y regrese a ésta, tras haber sido atenuada su intensidad en las naves de la mezquita, más rápidamente de lo que cabría esperar. El grado

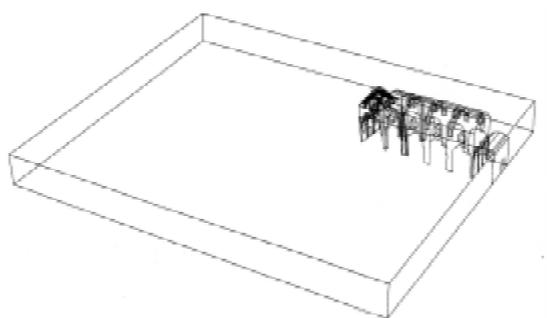


Figura 9. Modelo geométrico para la simulación. Capilla de Villaviciosa.

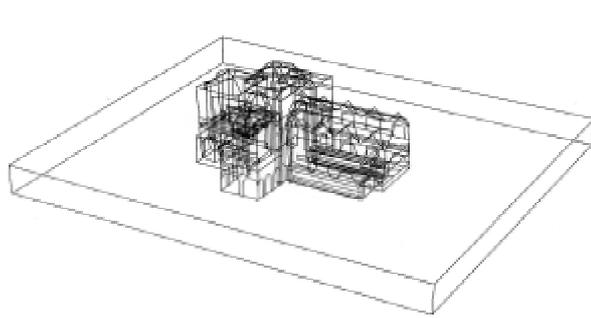


Figura 10. Modelo geométrico para la simulación. Crucero-Catedral.

Tabla 2
 Coeficiente de absorción sonora de las superficies virtuales calculados

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Superficie virtual capilla Villaviciosa	0,29	0,29	0,21	0,24	0,32	0,34
Superficie virtual crucero-catedral	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99

Tabla 3
 Tiempo de reverberación (s) de diferentes espacios eclesiales

	V (m ³)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Mezquita-Catedral (3)	13.470	4,3	4,0	3,9	3,4	2,7	1,7
Catedral de San Pablo. Londres (13)	15.200	10,2	11,5	11,0	9,6	5,8	2,8
Catedral de Sevilla (14)	14.500	5,8	6,3	5,6	5,0	3,8	2,5
Capilla de Villaviciosa	4.750	3,6	3,7	3,7	3,2	2,7	1,8
Iglesia de la Magdalena. Córdoba (15)	3.785	3,8	4,4	4,1	3,5	2,9	2,0
Iglesia de San Marcos. Sevilla (16)	4.763	3,3	4,0	3,9	4,1	3,2	2,6

de acoplamiento es menor que en las grandes basílicas romanas (San Pedro, Santa María la Mayor, San Juan de Letrán y San Pablo Extramuros).

Por el contrario, en el crucero-catedral, con un coeficiente de absorción de las superficies virtuales de $a=0.99$, se ha de tener en cuenta que, dada la posición de la fuente, la dirección con la que el sonido penetra en el espacio acoplado, unido al gran volumen de éste, hace difícil que el sonido retorne al espacio principal y, por tanto, existe un fuerte acoplamiento entre estos espacios. De hecho, el valor es acorde al obtenido por Shankland & Shankland en la basílica de San Pedro de Roma (4).

Cada catedral, a pesar de ofrecer una tipología bien definida que se da en otros edificios eclesiales de la época, tiene un comportamiento acústico que es bien distinto del que presentan estos últimos con volúmenes semejantes (12). En nuestro caso, los tiempos de reverberación son menores a los usuales (Figura 13 y Tabla 3), debido al intercambio energético existente entre cada catedral y los espacios de la mezquita adyacentes (acoplados), lo que produce un comportamiento acústico singular en cada ámbito espacial y permite aportar nuevas relaciones acústicas en atención a sus límites.

Por consiguiente, ambas catedrales presentan unas condiciones de contorno que producen una desigual respuesta acústica en esos dos espacios principales, en función del grado de permeabilidad de las superficies límites virtuales entre ellos y sus espacios acoplados, así como de la dirección con la que el sonido penetra en estos últimos. No se puede entender el comportamiento acústico del espacio principal si no se detiene el análisis en el estudio de sus límites con los espacios acoplados.

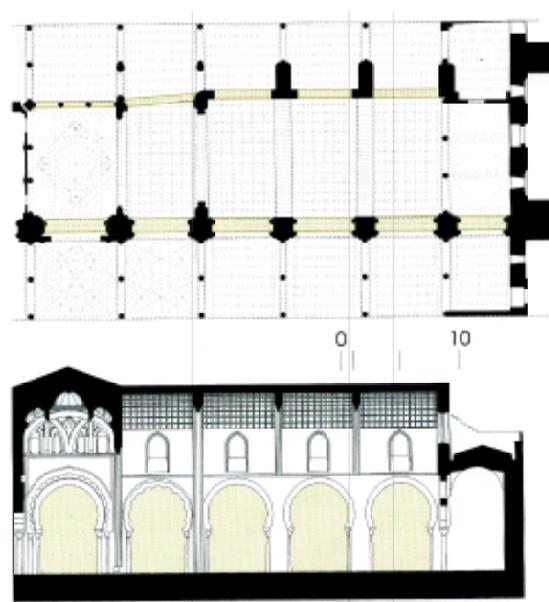


Figura 11. Disposición de superficies virtuales en la capilla de Villaviciosa.

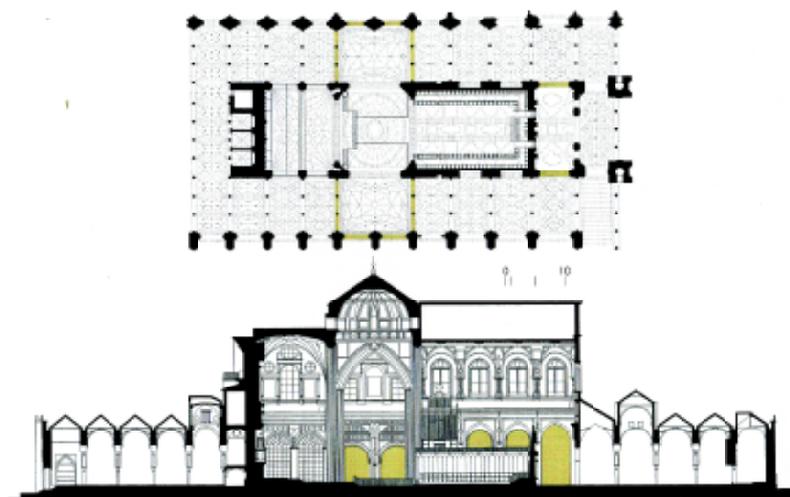


Figura 12. Disposición de superficies virtuales en el Crucero-Catedral.

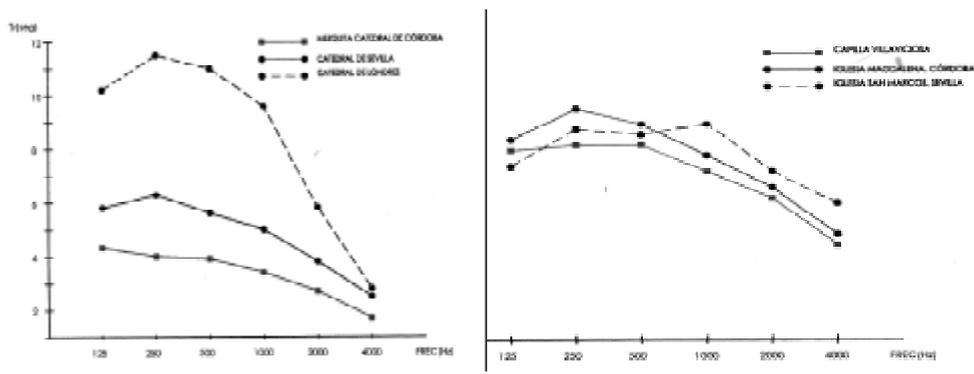


Figura 13. Tiempo de reverberación (s) de diferentes espacios. Medido vacío.

En la Mezquita-Catedral de Córdoba, los límites, más que fronteras entre dos espacios, se comportan como elementos energéticos que se nutren de la tensión provocada por las diferencias entre ellos. Como en algunas catedrales, su acústica parece también incidir en la idea de que la arquitectura se piensa desde los recintos principales, pero se construye y cualifica desde los límites.

La inserción de las catedrales cristianas en el espacio musulmán (Figura 14) se produce con un gesto moderno, con una actitud de sumisa subversión, de forma que la nueva actuación cuida sus fronteras respecto de la obra original, a la vez que se alimenta de ella para generar un sonido diferenciado de los espacios de su época.

5. CONCLUSIONES

La Mezquita-Catedral de Córdoba es una obra arquitectónica singular que muestra las diferencias existentes entre la concepción espacial y teológica de las culturas islámica y cristiana. La compleja transformación que sufrió, lograda mediante una poderosa articulación espacial que se consigue al convertir la totalidad del recinto en una compleja catedral cristiana, tiene también su reflejo en el comportamiento acústico del conjunto.

Las dos catedrales cristianas, la gótica y la renacentista, poseen un comportamiento acústico diferenciado, distinto al de espacios eclesiales de similar tipología, debido a

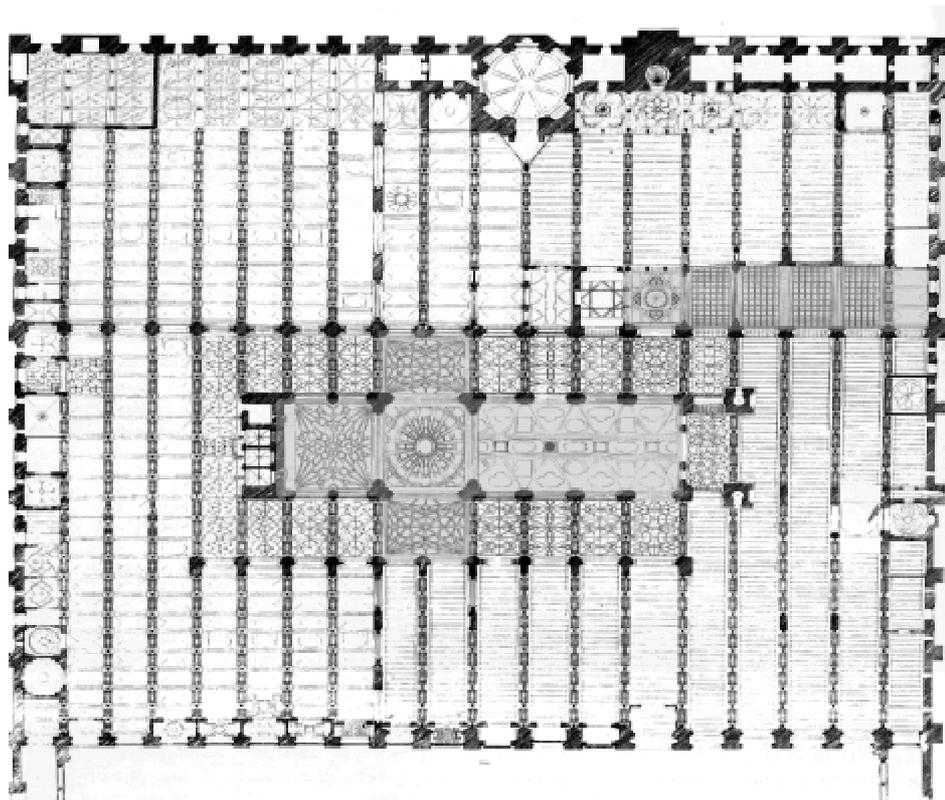


Figura 14. Catedrales gótica y renacentista.

la influencia acústica de los límites entre los diferentes espacios anexos y su grado de acoplamiento al principal. A partir de una estrategia compositiva de combinar diferentes ámbitos espaciales con marcadas singularidades: dos catedrales cristianas y un espacio musulmán acoplado a los anteriores, se genera una unidad arquitectónica dotada de una acústica propia y diferenciada, tal y como se muestra en este estudio, cuyo conocimiento es uno de los objetivos de la investigación.

Cada espacio de la Mezquita-Catedral de Córdoba tiene así su propia resonancia; se configura como una célula sonora poseedora de un sonido peculiar, debido a la dependencia acústica de las dos catedrales respecto del espacio adyacente de la mezquita, con el que se establece un intercambio sonoro. La disposición de los límites con la mezquita, y la absorción sonora que procuran estas superficies virtuales, favorecen que el intercambio sonoro sea más intenso en el caso de la capilla de Villaviciosa, que se funde horizontalmente con la mezquita, y menos acusado en el crucero-catedral, que

se inserta como una unidad más cerrada y vertical.

Esto se puede apreciar con claridad en los resultados de las medidas experimentales efectuadas in situ, con los que se obtienen, en la capilla de Villaviciosa, coeficientes de absorción para esas superficies virtuales de $a=0.29$ a las dos bandas de octava de frecuencias más bajas (graves), de $a=0.23$ para las dos bandas de octava de frecuencias medias y de $a=0.33$ para las dos bandas de octava de frecuencias más altas (agudos) de las seis analizadas (las principales); mientras que para el crucero-catedral obtenemos coeficientes de absorción próximos a la unidad en las mismas seis bandas de octava de frecuencias analizadas. Se cumple así otros de los objetivos de la investigación.

A pesar del importante volumen, la reverberación de las dos catedrales se puede considerar baja, debido a la absorción sonora que proporcionan los espacios anexos de la mezquita, aumentando sensiblemente la reverberación al aumentar el volumen del espacio principal excitado.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Capitel, A.: "Metamorfosis de monumentos y teorías de la restauración". *Alianza Forma*, Madrid (1998), p. 62.
- (2) Moneo, R.: "La vida de los edificios. Las ampliaciones de la Mezquita de Córdoba". *Arquitectura*, nº 256 (1985), pp. 26-36.
- (3) Suárez, R.; Sendra, J. J.; Navarro, J. y León, A. L.: "The Acoustics of the Cathedral-Mosque of Córdoba. Proposal for architectural intervention". *Acta Acustica united with Acustica*, vol. 90, nº 2 (1985), pp. 362-375.
- (4) Shankland & Shankland (1971), "Acoustics of St. Peter's and patriarchal basilicas in Rome" *Journal of the Acoustical Society of America*, nº 50 (2), pp. 389-395.
- (5) Knudsen, V. O. y Harris, C. M.: "Acoustical Designing in Architecture". *Acoustical Society of America*, Nueva York (1988), p. 144.
- (6) Cirillo, E. y Martellotta, F.: "An improved model to predict energy-based acoustic parameters in Apulian-Romanesque churches". *Applied Acoustics*, nº 64 (2003), pp. 1-23.
- (7) Kuttruf, H.: "Room Acoustics". *Elsevier Science Publishers Ltd.* (1991), Nueva York.
- (8) Xiang, N. y Goggans, P.: "Evaluation of decay times in coupled spaces: Bayesian decay model selection". *Journal of the Acoustical Society of America*, nº 113(5) (2003), pp. 2.685-2.697.
- (9) ISO 3382.: "Acoustics measurement of the reverberation time of rooms with referente to other acoustical parameters" (1997).
- (10) Schroeder, M. R.: "New method of measuring reverberation time". *Journal of the Acoustical Society of America*, nº 37 (1965), pp. 409-412.
- (11) CATT-Acoustic v7.2.f.: "Room acoustics prediction and desktop auralization" (1999). CATT, Gothenburg, Suecia (<http://www.catt.se/CATT-Acoustic.htm>).
- (12) Sendra, J. J. y Navarro, J.: "La evolución de las condiciones acústicas en las iglesias: del Paleocristiano al Tardobarroco" (1997). *Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción*. Universidad de Sevilla, Sevilla.

* * *