

La acústica de las catedrales andaluzas: un proyecto I+D interdisciplinar para la recuperación del patrimonio cultural

RESUMEN. La política científica prima la financiación de proyectos de investigación multidisciplinares, realizados por equipos de tamaño y composición acordes a sus objetivos. Dada la naturaleza de la investigación en Arquitectura y Urbanismo, no debe resultar difícil montar proyectos de este tipo en líneas prioritarias, con equipos compuestos por investigadores de diversas áreas y completados con los de otras disciplinas. En este trabajo se presenta la reciente experiencia de un proyecto interdisciplinar sobre Patrimonio Cultural presentado a la convocatoria del Plan Nacional I+D+i de 2010. Además de describir la composición del equipo, los objetivos, la metodología y algunos resultados previos, aspectos todos ellos claves para su concesión, incidimos también en un aspecto fundamental: la transferencia de resultados. Para reforzar este valor del proyecto, el mismo equipo ha acudido a otra convocatoria autonómica con una empresa andaluza de base tecnológica.

PALABRAS CLAVE: metodología acústica, acústica de iglesias, acústica virtual, catedrales andaluzas, patrimonio inmaterial, patrimonio cultural.

ABSTRACT. Science programmes predominate in the financing of multidisciplinary research projects, and are undertaken by teams whose size and composition remain appropriate to their objectives. Given the nature of research in Architecture and Urbanism, it should not be difficult to set up such high-priority projects with teams of researchers from diverse fields, and supplemented with those from other disciplines. In this paper, the recent experience of an interdisciplinary project on Cultural Heritage is presented, as submitted to the National Plan I+D+i 2010. In addition to describing the composition of the team, their objectives, methodology, and some preliminary results, all of which constitute key aspects towards the concession of the project, a fundamental aspect is also emphasised: the transfer of results. To reinforce the value of the project, the same team has responded to another regional call with a technology-based Andalusian company.

KEYWORDS: acoustic methodology, worship acoustics, virtual acoustics, Andalusian cathedrals, intangible heritage, cultural heritage.

Teófilo Zamarreño García

Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción
Universidad de Sevilla
Avda. Reina Mercedes, 2; 41012-Sevilla; teofilo@us.es
Tf. 95 4556612; Fax: 95 4557892

Sara Girón Borrero

Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción
Universidad de Sevilla
Avda. Reina Mercedes, 2; 41012-Sevilla; sgron@us.es
Tf. 95 4557129; Fax: 95 4557892

Miguel Galindo del Pozo

Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción
Universidad de Sevilla
Avda. Reina Mercedes, 2; 41012-Sevilla; mgalindo@us.es
Tf. 95 4556672; Fax: 95 4557892

Rafael Suárez Medina

Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción
Universidad de Sevilla
Avda. Reina Mercedes, 2; 41012-Sevilla; rsuarez@us.es
Tf. 95 4559517; Fax: 95 4557024

Biografía

Teófilo Zamarreño García es doctor en Física, profesor titular de la ETS de Arquitectura de Sevilla, e investigador del grupo “Acústica y Óptica Aplicadas” del departamento de Física Aplicada-II. Actualmente es coordinador del proyecto de investigación “La acústica de las catedrales: una aportación científica para la recuperación del patrimonio cultural” (BIA2010-20523) y autor de numerosos proyectos relativos a acústica de salas y lugares de culto.

Sara Girón Borrero es doctora en Física, profesora titular de Física Aplicada de la ETSA de Sevilla, e investigador del grupo “Acústica y Óptica Aplicadas” del IUACC. Actualmente es investigador del proyecto “La acústica de las catedrales: una aportación científica para la recuperación del patrimonio cultural” (BIA2010-20523) y autor de numerosos trabajos internacionales relativos a acústica de salas y lugares de culto.

Miguel Galindo del Pozo es doctor en Física, profesor contratado doctor de la ETSIE de Sevilla, investigador del grupo “Acústica y Óptica Aplicadas” del departamento de Física Aplicada-II, investigador/autor en numerosos proyectos y trabajos internacionales relativos a acústica de salas y lugares de culto. Actualmente es investigador del proyecto “La acústica de las catedrales: una aportación científica para la recuperación del patrimonio cultural” (BIA2010-20523).

Rafael Suárez Medina es doctor en Arquitectura, profesor contratado doctor en el departamento de Construcciones Arquitectónicas de la ETSA de Sevilla, e investigador del grupo “Arquitectura, Patrimonio y Sostenibilidad: Acústica, Iluminación y Energía”. Actualmente es investigador del proyecto “La acústica de las catedrales: una aportación científica para la recuperación del patrimonio cultural” (BIA2010-20523) y autor de trabajos internacionales relativos a la acústica de espacios eclesiales.

La acústica de las catedrales andaluzas: un proyecto I+D interdisciplinar para la recuperación del patrimonio cultural

Introducción y objetivo general

En los últimos años se ha puesto de manifiesto la creciente importancia de la investigación en Patrimonio Cultural, dentro de una gestión integral y sostenida de dicho patrimonio, que se refleja no sólo en los programas de recuperación del patrimonio que pretenden mantener, utilizar y conservar el legado histórico, sino en considerarla como línea prioritaria de investigación por parte de los responsables de la políticas científicas. Andalucía, por ejemplo, entre las diecisiete Áreas de Desarrollo Sectorial que estableció en 2007 para su Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación (PAIDI), vigentes hasta la fecha, decidió que una de ellas fuese “Protección del Patrimonio Histórico y Cultural¹”.

En este contexto, en la última convocatoria del Plan Nacional I+D+i de Construcción, el Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción (IUACC) de la Universidad de Sevilla presentó un proyecto interdisciplinar titulado: “La acústica de las catedrales: una aportación científica para la recuperación del patrimonio cultural”. Este proyecto ha sido concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación (ref. BIA2010-20523) y resuelto su financiación para ser ejecutado en los tres próximos años (2011-2013). En él figuran como Entes Promotores y/o Observadores (EPOs) el Ministerio de Cultura, la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, la Orquesta Barroca de Sevilla² (Fig. 1), además de cinco de los cabildos de las catedrales que constituyen la muestra de estudio.

Este proyecto pretende caracterizar el comportamiento acústico de las principales catedrales andaluzas: Cádiz, Córdoba, Granada, Jaén, Málaga y Sevilla (Fig. 2), con el objetivo de implementar un modelo analítico capaz de describir el campo acústico en el interior y elaborar los adecuados modelos 3D para simular y auralizar, con perspectiva histórica, dichos campos sonoros.



Fig. 1. Orquesta Barroca de Sevilla actuando en la iglesia de la Anunciación de Sevilla.

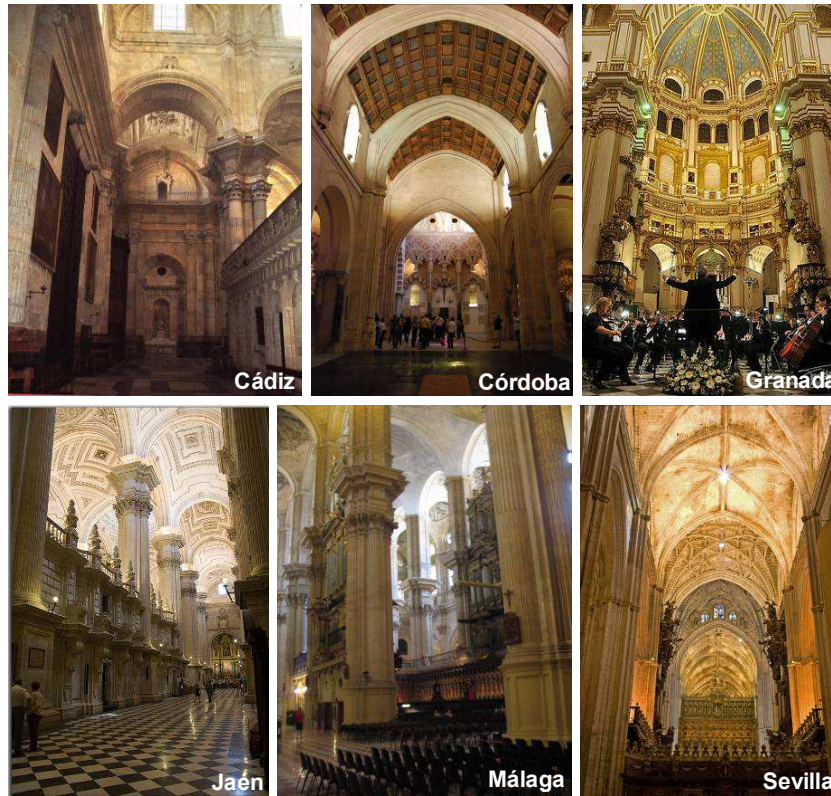


Fig. 2. Vista interior de las 6 catedrales.



Fig. 3. Órgano de Sevilla, púlpito de Málaga y coro de Córdoba.

Para entender este comportamiento resulta del máximo interés llevar a cabo una investigación de carácter histórico sobre la aparición y evolución de los elementos arquitectónicos que han ido condicionando la acústica de esas catedrales (coros, púlpitos, órganos, etc.) (Fig. 3) y de los eventos que se han venido desarrollando en su interior con diferentes exigencias acústicas (palabra y música coral e instrumental) a lo largo de su historia: coronaciones, bodas, defunciones, sínodos, magnos conciertos, etc. y los montajes efímeros a los que dieron lugar (Fig. 4).

Este conocimiento científico supondrá una importante aportación al carácter patrimonial de estos edificios, al incorporar una novedosa y original forma de identificación de los mismos a partir de la visión espacio-funcional, introduciendo la valoración acústica, frente a la óptica tradicional estilístico-funcional a la que se suele reconocer como Patrimonio Inmaterial. No se ha producido un estudio similar hasta la fecha en España ni con un alcance parecido en la Unión Europea. El antecedente más cercano puede estar en el estudio de las mezquitas de Sinan, llevado a cabo en el proyecto



Fig. 4. Montaje efímero en la catedral de Sevilla en el día del Corpus.

CHARISMA [1]. Así mismo el proyecto permitirá incorporar pautas de intervención, tanto para la recuperación funcional de estos espacios catedralicios, como para actuaciones efímeras de carácter religioso o cultural, o tomar decisiones de intervención con un conocimiento más amplio de las características de los templos, abriendo el camino a nuevas interpretaciones y actuaciones.

El objetivo general de este proyecto de estudiar la acústica de las catedrales desde este enfoque no sólo es compartido por el Ministerio de Cultura, sino que complementa muy bien su programación sobre el patrimonio cultural español en los próximos años: el Plan Nacional de Catedrales y el Plan Nacional del Patrimonio Inmaterial están pendientes de cumplimentar sus objetivos con estudios adicionales como el que aquí se plantea.

Equipo de trabajo

Para poder realizar este proyecto de investigación, ha sido necesario la formación de un equipo claramente multidisciplinar, con dos grupos de investigación del Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación (PAIDI) adscritos al IUACC de la Universidad de Sevilla, que llevarán el peso de la investigación: el grupo TEP-132 “Acústica y Óptica Aplicadas”, formado principalmente por físicos, y el grupo TEP-130 “Arquitectura, Patrimonio y Sostenibilidad: Acústica, Iluminación y Energía”, compuesto esencialmente por arquitectos, grupos que tienen una amplia experiencia de trabajo en común sobre Acústica de Salas (*Room Acoustics*), especialmente en Acústica de Espacios de Culto (*Worship Acoustics*), labor que ha sido difundida en numerosos artículos en revistas internacionales y en comunicaciones a congresos nacionales e internacionales.

Este carácter multidisciplinar del equipo que va a llevar a cabo el proyecto, se refuerza con la destacada presencia de dos investigadores del Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE), dependiente del Ministerio de Cultura, que han sido coordinadores y responsables del Plan Nacional de Catedrales y del Plan Nacional del Patrimonio Inmaterial.

El equipo lo forman nueve investigadores, seis de ellos vinculados a la universidad, más concretamente al IUACC de la Universidad de Sevilla: tres doctores en Física, dos doctores en Arquitectura y un ingeniero que está haciendo su tesis doctoral; dos investigadores del IPCE del Ministerio de Cultura: un arquitecto que ha coordinado el Plan Nacional de Catedrales y una antropóloga que ha coordinado el Plan Nacional del Patrimonio Inmaterial. Se cuenta asimismo con una colaboradora, que además de concertista, es experta en órganos catedralicios. El perfil del equipo, claramente multidisciplinar, se muestra por tanto idóneo para la realización de este proyecto, tal y como lo han expresado los propios evaluadores.

La composición de equipos con suficiente masa crítica y multidisciplinares para la ejecución de proyectos de investigación se sugiere explícitamente en las disposiciones específicas del Subprograma de Proyectos de Investigación Fundamental no orientada, al que pertenece este proyecto. Concretamente, en el art. 15 de la última convocatoria del Plan Nacional I+D+i (BOE de 21 de diciembre de 2010) se dice lo siguiente sobre la finalidad de la ayuda: “Pretende romper la tendencia a la fragmentación de los grupos de investigación, de modo que éstos alcancen el tamaño suficiente y la masa crítica necesaria para afrontar los desafíos que la investigación española tiene en el contexto del Espacio Europeo de Investigación, fomentando la participación de investigadores con un elevado nivel de dedicación a cada proyecto. Persigue, también, el fomento de la investigación de carácter multidisciplinar que sea capaz de movilizar el conocimiento complementario de diversos campos científicos a favor de la solución de los problemas que la sociedad española y la europea tienen en el siglo XXI”.

Esta sugerencia de presentar proyectos “transversales” no es particular del Plan Nacional, sino prácticamente es una constante de todas las convocatorias de proyectos de investigación en concurrencia competitiva. Por referirnos al ámbito que conocemos bien, el de Andalucía, uno de los nueve criterios que establece la Orden del Programa de incentivos a los Agentes del Sistema Andaluz del Conocimiento, en el periodo 2008-2013 (BOJA de 5 de enero de 2008), para la evaluación por parte de la Agencia Andaluza de Evaluación (AGAE) de proyectos de investigación, es la multidisciplinariedad y transdisciplinariedad de la propuesta.

Por consiguiente, si se quiere tener ciertas garantías de éxito en convocatorias en concurrencia competitiva de financiación de proyectos de investigación, se debería recoger esta sugerencia.

Objetivos específicos y metodología

Para alcanzar el objetivo general del proyecto, se fijan objetivos específicos; unos referidos estrictamente a los aspectos relacionados con el conocimiento y descripción física del campo acústico de cada uno de los templos, otros que tienen que ver con los aspectos historiográficos, arquitectónicos y el modo de ocupación de estos espacios en relación con su acústica y, finalmente, aquellos que inciden en las necesarias conexiones entre ambos aspectos y que sólo son alcanzables desde el carácter interdisciplinar del proyecto.

En el esquema de la figura 5 se muestran a grandes rasgos estos objetivos y algunas de las relaciones establecidas entre ellos.

A la hora de definir la metodología y el plan de trabajo para su consecución se define un conjunto de tareas asociadas a los objetivos específicos (Fig.

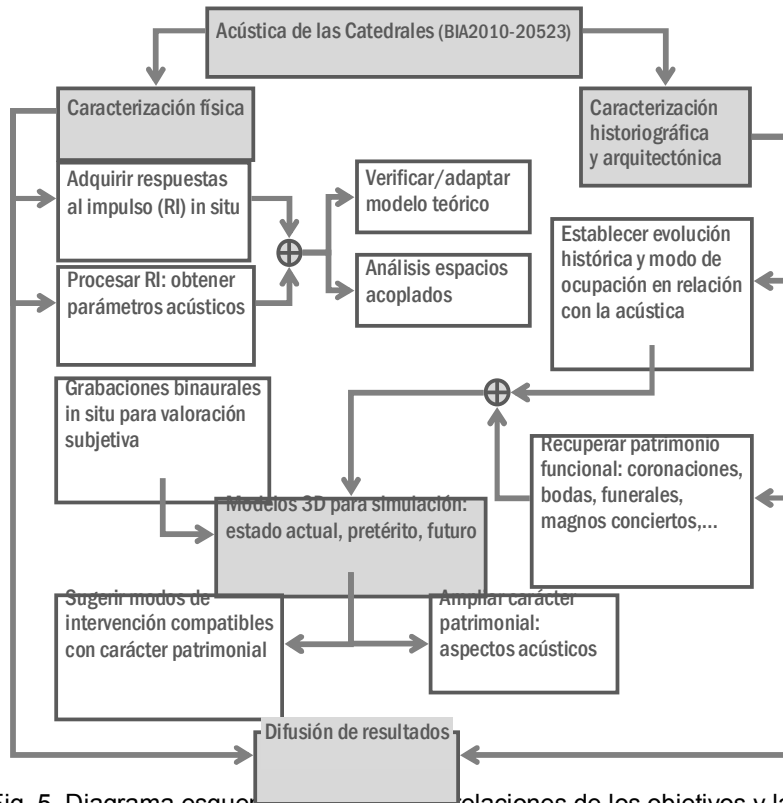


Fig. 5. Diagrama esquemático de las interrelaciones de los objetivos y las tareas metodológicas a ellos asociadas.

5): unas concretamente asignadas a cada uno de los subgrupos especializados que intervienen en el proyecto y otras que necesitarán del concurso de unidades mixtas. Para garantizar la correcta ejecución de esas tareas, al frente de cada una de ellas se designa a un coordinador, el más adecuado en función del perfil.

Conviene señalar aquí que los investigadores de este proyecto constituyen un equipo humano con mucha experiencia previa en colaboraciones interdepartamentales de tareas de investigación y/o trabajos técnicos, y que dispone del equipamiento y software de simulación adecuado para llevarla a cabo con éxito.

Resultados previos

Las características acústicas de los lugares de culto se han visto afectadas a lo largo de la historia por el estilo arquitectónico dominante y por el tipo de

religión. Hasta que empiezan a surgir los auditorios, en el mundo occidental las iglesias ocupan el lugar más destacado, entre los diferentes modelos de edificios, como lugar que ve nacer y acoge, temporalmente, a la música. Durante muchos siglos, la producción musical de occidente fue concebida para ser interpretada y oída en las iglesias. Sendra *et al.* [2, 3] han llevado a cabo una detallada investigación histórica sobre la evolución de las condiciones acústicas en las iglesias cristianas desde sus orígenes hasta el barroco tardío. El resultado de la misma pone de manifiesto que, consultadas numerosas fuentes documentales sobre la historia de la arquitectura y de la música, apenas hay referencias sobre las condiciones acústicas de las iglesias, lo que supone que las formas han tomado un valor preponderante sobre la función, incluso sobre la función litúrgica, en el desarrollo de la arquitectura de las iglesias.

Esta aparente despreocupación por las condiciones acústicas de los espacios de culto ha cambiado drásticamente en las últimas décadas. La profundización en el conocimiento de los aspectos de nuestro patrimonio arquitectónico ha dado lugar a una profusa labor de estudio y conocimiento de la acústica de espacios existentes, a veces rehabilitados o reutilizados con fines culturales. En este contexto, las administraciones públicas, en el marco de los programas de conservación y recuperación del patrimonio, han acometido en múltiples ocasiones proyectos de rehabilitación de espacios eclesiales con nuevos usos, o compartidos con el uso religioso.

Miembros de nuestro equipo han participado en algunos de estos proyectos de corrección acústica de iglesias con un claro valor patrimonial, adaptadas a nuevos usos [4-6]. Así mismo han realizado investigaciones anteriores en dos de las catedrales que forman parte del estudio: las catedrales de Córdoba y Málaga.

En la primera, fruto de una tesis doctoral cuyo autor y director son miembros del equipo, se estudian las conductas acústicas singulares que se producen en el espacio vertical de la catedral, insertado en el espacio horizontal de la mezquita musulmana: dos modelos tipológicos bien definidos y conocidos acústicamente de forma independiente, que se complementan mutuamente, generándose una nueva unidad arquitectónica dotada de una acústica propia y diferenciada [7, 8]. A partir de este conocimiento se formulan propuestas arquitectónicas de intervención acústica sobre estos espacios, para adaptarlos a las necesidades tanto litúrgicas como culturales [9].

En la segunda, fruto de un trabajo fin de máster, dirigido por el investigador principal, y defendido en diciembre de 2010, se han realizado medidas experimentales previas (no exhaustivas), se ha implementado un modelo 3D y se ha realizado una primera simulación del campo acústico. Los resultados, medidos y simulados, han sido analizados a la luz de alguno de los modelos analíticos. A partir de estos datos se está preparando una

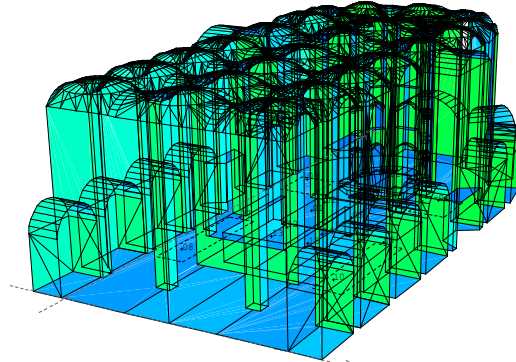


Fig. 5. Imagen del modelo inicial 3D de la catedral de Málaga.

comunicación para el próximo congreso internacional de la European Acoustic Association, Forum Acusticum 2011.

Este proyecto de investigación, apoyado en nuestras investigaciones anteriores, pretende la creación de un modelo informático de cada una de las catedrales que permita realizar la simulación del campo acústico, comparar resultados e implementar sistemas de auralización, así como generar con rapidez el impacto de posibles intervenciones acústicas en el recinto antes de actuar físicamente en estos espacios con tan fuerte carácter patrimonial.

Asimismo, esta facilidad para intervenir virtualmente en cada espacio, nos permitirá construir modelos de épocas pasadas, analizar la evolución y transformación acústica a lo largo de la historia y desvelar y recrear el sonido de cada época.

Un aspecto importante de la investigación es conocer el comportamiento de la energía sonora en el interior de estos recintos. Con ello pretendemos adaptar el modelo energético (modelo μ) [10] desarrollado en la tesis doctoral cuyo autor (M. Galindo) y directores son miembros del grupo [11], alternativo al utilizado para teatros y salas de concierto [12]. Aunque ha surgido de una determinada tipología eclesial, las iglesias Gótico-Mudéjares de Sevilla [13], ha demostrado ser un modelo más versátil, aplicable a otras tipologías eclesiales, como ha puesto de manifiesto el propio grupo [14], y más recientemente otro grupo de investigación italiano liderado por Cirillo [15], al aplicarlo a diferentes iglesias pertenecientes a diversos estilos arquitectónicos, volúmenes y acabados interiores. Bajo la hipótesis de campo sonoro difuso, el modelo propone una expresión para la densidad de energía reflejada normalizada instantánea que depende de la distancia fuente-receptor y de un parámetro μ , dependiente de la tipología, con una discontinuidad a los 80 ms de la llegada del sonido inicial (Fig. 6).

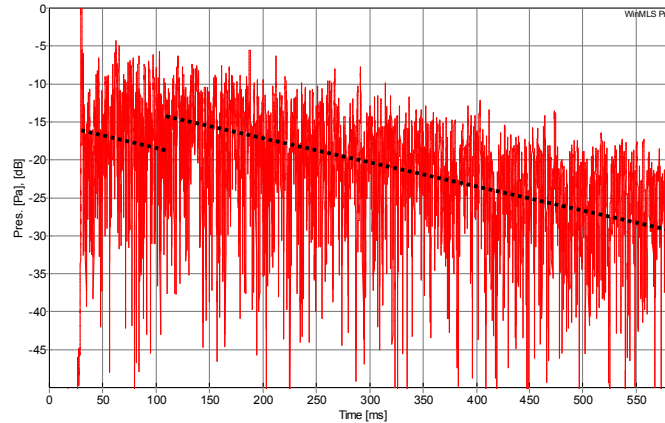


Fig. 6. Curva energía-tiempo en un receptor de la iglesia gótico-mudéjar de S. Pedro (Sevilla) y comportamiento teórico del modelo μ (línea de puntos).

Este patrón de energía ha demostrado ser un predictor adecuado de la tendencia de los principales parámetros acústicos de salas en función de la distancia fuente-receptor [10, 16, 17].

Extensión del proyecto para potenciar la transferencia de resultados

El equipo investigador acaba de presentar a la convocatoria de incentivos a los Agentes del Sistema Andaluz del Conocimiento la solicitud de un proyecto de investigación, complementario del concedido por el Plan Nacional, permitido explícitamente en la citada convocatoria aunque sea para la misma finalidad, que persigue cuatro objetivos fundamentales:

- Extender el estudio a dos catedrales más: las de Almería y Guadix.
- Lograr una financiación adicional para personal, al que se le asigna tareas de construcción de los modelos 3D de las catedrales y, sobre todo, para la formación de personal investigador (un becario asociado al proyecto).
- Mejorar y ampliar el software de simulación.
- Por último, y razón principal de esta solicitud, para aumentar la capacidad de transferencia de los resultados del proyecto al tejido social y empresarial, aspecto éste generalmente muy olvidado en los proyectos de investigación realizados desde las Escuelas de Arquitectura y que, sin embargo, constituyen casi la razón de ser de las Escuelas de Ingeniería.

Es por este cuarto y principal objetivo por lo que el proyecto se presenta como un “proyecto motriz”. Éste, según la citada Orden de incentivos, establece lo siguiente: “Serán calificados así aquellos proyectos que por su aportación de conocimientos estratégicos permitan facilitar y construir relaciones relevantes con el exterior y con las empresas, así como reportar un destacado impulso de la economía, el bienestar y la convivencia en Andalucía”. Y exige que al menos el 15% del total adjudicado al proyecto debe subcontratarse a una empresa privada y ubicarse preferentemente en una de las diez subáreas que fija, una de ellas, en concreto la cuarta, es “protección del patrimonio histórico y natural”.

La empresa elegida ha sido Arpa Solutions de Málaga, que está especializada en tecnologías de realidad aumentada y con experiencia previa de aplicación de estas técnicas en aspectos patrimoniales y su puesta en valor en relación con la industria turística. Destaca en ella su carácter tecnológico e innovador y que tiene, entre otros importantes, el premio Spin-Off de la Universidad de Málaga. Nos encontramos así ante un binomio (grupo de la Universidad de Sevilla y empresa originada a partir de la Universidad de Málaga) que se ubica en el entorno del Campus de Excelencia Internacional, Andalucía Tech, que han promovido las citadas universidades. En la estructura conceptual del citado Campus se identifican los denominados “polos de excelencia docente e investigadora” y el presente proyecto incorpora una empresa (Arpa Solutions) relacionada con uno de estos polos: el de las comunicaciones y la movilidad (TIC); y un grupo de investigadores de la Universidad de Sevilla que, desde el carácter interdisciplinar del mismo, aborda un tema patrimonial que tiene una fuerte incidencia en otro de estos polos: el del turismo y el desarrollo territorial.

La participación de la empresa se justifica en la creación de una aplicación de puesta en valor de los resultados intermedios y finales del proyecto de investigación mediante el desarrollo por parte de ésta de una solución basada en su plataforma DARAM® de Realidad Aumentada. El objetivo es crear un catálogo virtual, que muestre modelos tridimensionales de ejemplo de algunas de las catedrales andaluzas, y acompañando cada modelo, se reproducirá un “audio aumentado”, obtenido mediante técnicas de auralización por el equipo de investigación del proyecto, que rememore el patrimonio acústico, asociado a los diferentes modelos acústicos de cada una de las catedrales, en función de la época histórica a la que pertenezca, la efemérides auralizada y de las características arquitectónicas.

Cabe la posibilidad también de poder mostrar imágenes de la configuración del mobiliario interior de las diferentes catedrales en una o varias épocas históricas para completar la información descrita en el anterior párrafo, utilizando para ello la representación de imágenes estáticas mediante realidad aumentada, consiguiendo así integrar diferentes aspectos del valor patrimonial de estos espacios.

Conclusiones

Para reforzar la actividad investigadora en las Escuelas de Arquitectura, se debe fomentar la presentación de proyectos a convocatorias de I+D+i nacionales e internacionales en concurrencia competitiva. Para aumentar las posibilidades de éxito en la concesión y financiación de esos proyectos, se deberían tener muy presentes las ventajas que supone proponer proyectos interdisciplinares, sólidos y novedosos, que incidan en líneas prioritarias establecidas en las diferentes convocatorias, para ser desarrollados por equipos multidisciplinares bien armados, con un tamaño y composición adecuados a los objetivos del proyecto, en los que queden claras cuáles van a ser las tareas asignadas a cada uno de ellos, acordes con su perfil, y en la que un número significativo de investigadores tiene unos resultados previos de interés en el tema objeto de la investigación, suficientemente divulgados en publicaciones con indicios de calidad.

Con este planteamiento, en la convocatoria de 2010 del Plan Nacional I+D+i, el IUACC de la Universidad de Sevilla presentó un proyecto claramente interdisciplinar sobre Patrimonio Cultural, con investigadores de dos grupos de investigación, uno compuesto mayoritariamente por físicos y otro por arquitectos, con una amplia experiencia de trabajo en común en Acústica de Salas, y más específicamente en la Acústica de Espacios de Culto, a los que se sumaron, principalmente, dos investigadores del Instituto del Patrimonio Cultural de España, que han sido responsables del Plan Nacional de Catedrales y del Plan Nacional del Patrimonio Inmaterial, para completar los perfiles necesarios que garantizaran el éxito del proyecto. El carácter novedoso y transversal del proyecto, así como la adecuada composición del equipo, fueron bien valorados por los evaluadores y fue determinante en su concesión.

Aunque el proyecto que se presentó tenía un ambicioso plan de difusión de resultados (transferencia de conocimiento), se ha querido reforzar aún más su explotación para buscar además la transferencia tecnológica, dado su potencial. Esta última es una actividad no suficientemente considerada por los investigadores en Arquitectura, a pesar de que sus temas de investigación frecuentemente son muy propicios para hacerlo. Este ha sido el motivo principal para que los investigadores del proyecto hayamos decidido presentarnos a otra convocatoria de incentivos de I+D+i en concurrencia competitiva, esta vez autonómica, para incorporar a una empresa de base tecnológica de Málaga especializada en “realidad aumentada” y con experiencia previa de aplicación de estas técnicas en aspectos patrimoniales, lo que aumentará la capacidad de difusión del proyecto.

Además, esta unión de grupos de investigación de la Universidad de Sevilla con una Spin-Off de la Universidad de Málaga está en la línea promovida por ambas universidades en el Campus de Excelencia Internacional

Andalucía Tech e incide directamente en dos polos objeto del mismo: el turismo y el desarrollo territorial.

Notas

¹ ORDEN de 3 de septiembre de 2007, por la que se regula el funcionamiento del Registro Electrónico de Agentes del Sistemas Andaluz del Conocimiento para los Grupos de Investigación dependientes de las Universidades y Organismos de Investigación ubicados en Andalucía y se establece su financiación (BOJA núm. 187, de 21 de septiembre de 2007).

² La Orquesta Barroca de Sevilla (OBS) ha recibido en 2010 el Premio Andaluz de Cultura, Premio Manuel de Falla, a la mejor trayectoria en el ámbito de las artes escénicas y musicales, entre otras razones por estar llevando a cabo un ambicioso programa de recuperación del patrimonio musical de las Catedrales de Andalucía dentro del Proyecto Atalaya, en el que intervienen las universidades públicas de Andalucía y que está financiado por la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía.

Bibliografía

[1] Z. Karabiber, "A new approach to an ancient subject: CAHRISMA project". Seventh International Congress on Sound and Vibration, Garmisch-Partenkirchen, Germany, 2000.

[2] J. J. Sendra, J. Navarro, "La Evolución de las condiciones acústicas en las Iglesias: del Paleocristiano al Tardobarroco". (Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, Sevilla 1997).

[3] J. Navarro, J. J. Sendra, S. Muñoz, "The Western Latin church as a place for music and preaching: an acoustic assessment". Appl. Acoust. **70**, 781-789 (2009).

[4] J. J. Sendra, T. Zamarreño, J. Navarro, J. Algaba, "El problema de las condiciones acústicas en las iglesias: principios y propuestas para la rehabilitación". (Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, Sevilla 1997).

[5] S. Muñoz, J. J. Sendra, T. Zamarreño J. Navarro, "Resultados de la corrección acústica de un recinto eclesial tras su rehabilitación como espacio escénico". Acustica-2004, IV Congreso Ibero-Americano de Acústica, Guimaraes, Portugal, 14-17 septiembre 2004.

[6] J. J. Sendra, T. Zamarreño, J. Navarro, "Acoustics in churches " (Computational Acoustics in Architecture. Ed. J. J. Sendra, Witpress Ed., Southampton, 133-177, 1999).

[7] R. Suárez, J. J. Sendra, J. Navarro, A. L. León, "The sound of the Cathedral-Mosque of Córdoba". J. Cultural Heritage, **6**(4), 307-12 (2005).

[8] R. Suárez, J. J. Sendra, J. Navarro, A. L. León, "Espacios acoplados en la Mezquita-Catedral de Córdoba: el sonido de los límites". Inform. Const. **501**, 23-31, (2006).

- [9] R. Suárez, J. J. Sendra, J. Navarro, A. L. León, "*The acoustics of the Cathedral-Mosque of Córdoba. Proposals for architectural intervention*". Acta Acustica united with Acustica **90**(2), 362-375 (2004).
- [10] T. Zamarreño, S. Girón, M. Galindo, "*Acoustic energy relations in Mudejar-Gothic churches*". J. Acoust. Soc. Am. **121**(1), 234-250 (2007).
- [11] M. Galindo, T. Zamarreño, S. Girón, "*Acoustic analysis in Mudejar-Gothic churches: Experimental results*". J. Acoust. Soc. Am. **117**(5), 2873-2888 (2005).
- [12] M. Barron, L. J. Lee, "*Energy relations in concert auditoriums I*". J. Acoust. Soc. Am. **84**, 618-628 (1988).
- [13] J. J. Sendra, T. Zamarreño, J. Navarro, "*La acústica de las iglesias Gótico-Mudéjares de Sevilla*". (Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, Sevilla, 1999).
- [14] M. Galindo, T. Zamarreño, S. Girón, "*Predicted and measured acoustic parameters in churches*". International Symposium on Room Acoustics Satellite Symposium of the 19th International Congress on Acoustics, Seville, 10-12 September 2007.
- [15] U. Berardi, E. Cirillo, F. Martellotta, "*A comparative analysis of acoustic energy models for churches*". J. Acoust. Soc. Am. **126**(4), 1838-1849 (2009).
- [16] T. Zamarreño, S. Girón, M. Galindo, "*Assessing the intelligibility of speech and singing in Mudejar-Gothic churches*". Appl. Acoust. **69**, 242-254 (2008).
- [17] S. Girón, M. Galindo, T. Zamarreño, "*Distribution of lateral acoustic energy in Mudejar-Gothic churches*". J. Sound Vib. **315**, 1125-1142 (2008).