

Preservación y difusión del patrimonio cultural de los recintos de culto a través de la simulación acústica y visual. Aplicación en la Catedral de Valencia

Preservation and dissemination of cultural heritage through acoustic and visual simulation. Application in the Cathedral of Valencia

Elena Díaz Rubio 

Universitat Politècnica de Valencia, España
eldaru@alumni.upv.es

Alicia Giménez Pérez

Universitat Politècnica de Valencia, España
agimenez@fis.upv.es

Resumen

Los recintos de culto son construcciones patrimoniales de un gran valor histórico, artístico y arquitectónico. Además, presentan una sonoridad característica que debe ser objeto de especial protección. En este sentido, la simulación acústica y visual se presenta como una herramienta muy eficaz para la preservación y difusión de los valores patrimoniales, materiales e inmateriales, de los recintos de culto, ofreciendo la posibilidad de realizar turismo virtual en los entornos simulados. Además, se garantiza la preservación de los actuales valores patrimoniales de los templos, permitiendo su disfrute y estudio por parte de futuras generaciones. Con todo ello, en este estudio se ha realizado la simulación acústica y visual del interior de la Catedral de Valencia.

Palabras clave: patrimonio cultural; recintos de culto; simulación; acústica; turismo virtual.

Abstract

Places of worship are heritage buildings of great cultural, artistic and architectural value. In addition, they present a characteristic sound that must be the object of special protection. In this sense, acoustic and visual simulation is presented as a very effective tool for the preservation and dissemination of the tangible and intangible heritage values of the places of worship, offering the possibility of virtual



Culturas. Revista de Gestión Cultural

Vol. 8, Nº 2, 2021
pp. 49-60
EISSN: 2386-7515

Recibido:27/07/2021
Aceptado:2/12/2021



tourism in simulated environments. In addition, preservation of the current heritage values of the temples is guaranteed, allowing their enjoyment and study by future generations. With all this, in this study the acoustic and visual simulation of the interior of the Cathedral of Valencia has been carried out.

Keywords: cultural heritage; places of worship; simulation; acoustics; virtual tourism.

1. Introducción

Los recintos de culto son construcciones patrimoniales de un gran valor histórico, artístico y arquitectónico. Constituyen una parte importante de nuestro patrimonio cultural, resultando relevante garantizar su preservación y difusión. Asimismo, los recintos de culto presentan una sonoridad característica que debe ser objeto de especial protección. En este sentido, la UNESCO ha reconocido el sonido de los recintos de culto como una parte relevante de nuestro patrimonio cultural intangible, estableciendo su preservación como prioridad (Álvarez Morales 2016).

Diferentes autores han estudiado el sonido de los recintos de culto con el objetivo de fomentar su patrimonio acústico. Cabe destacar la investigación llevada a cabo por Planells Pérez (2017), en la que estudió el comportamiento acústico de la Basílica de Santa María de Elche y el Misteri d'Elx, evento declarado Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad por la UNESCO. Por su parte, Alonso Carrillo (2016) realizó un estudio acústico de la Catedral de Granada y de la Catedral de Sevilla, el cual persigue ampliar el valor patrimonial de los espacios de culto mediante la recuperación de sus diferentes etapas sonoras. También de interés es la investigación desarrollado por Álvarez Morales (2016), donde llevó a cabo un estudio del patrimonio acústico de las catedrales andaluzas más representativas desde un enfoque multidisciplinar, con el objetivo de fomentar su conservación y difusión.

En este ámbito, la simulación acústica y visual se presenta como una herramienta muy eficaz para la preservación y difusión del patrimonio artístico, arquitectónico y acústico de los recintos de culto. Mediante la simulación acústica, se puede recrear el sonido real de estos recintos patrimoniales, quedando garantizada su conservación y permitiendo su disfrute sin necesidad de realizar una visita presencial. Por su parte, la simulación visual permite recrear el aspecto de los recintos de culto mediante el empleo de texturas generadas a partir de fotografías de los materiales reales. La combinación de ambas simulaciones, acústica y visual, ofrece una experiencia completa y realista del edificio patrimonial recreado. Así, se posibilita el estudio y disfrute del patrimonio, tanto material como inmaterial, en cualquier momento y desde cualquier lugar,

lo que resulta especialmente interesante en la situación actual de emergencia sanitaria ocasionada por el Covid-19.

Con todo ello, en este estudio se ha realizado la simulación acústica y visual del interior de la Catedral de Valencia, ofreciendo la posibilidad de realizar turismo virtual por el interior del templo.

2. La Catedral de Valencia

La Catedral de Valencia, sede principal de la cristiandad valenciana desde el s. XIII, es un edificio de culto de gran valor patrimonial. Situada en el centro de la ciudad de Valencia, la Catedral destaca poderosamente en el foco neurálgico de tres importantes plazas (Plaza de la Reina, Plaza de la Virgen y Plaza de la Almoína) (Núñez Sanmartín 2017).

El estado actual de la Catedral de Valencia es el resultado de múltiples intervenciones y ampliaciones llevadas a cabo a lo largo de su historia. En el interior del templo, se recrea una auténtica fusión entre su arquitectura gótica originaria, descubierta tras las repristinaciones realizadas en las últimas décadas, y la renovación neoclásica llevada a cabo en el s. XVIII. Asimismo, encontramos magníficamente representada la tendencia artística del Renacimiento en el retablo del altar mayor y en la capilla de la Resurrección, así como el estilo Barroco en la decoración del altar mayor y el presbiterio. Con todo ello, la Catedral de Valencia constituye un auténtico museo de los más relevantes estilos artísticos y arquitectónicos (Vilaplana Zurita 1997).

Por otro lado, la Catedral de Valencia destaca por su característica y poderosa sonoridad. En ella, tienen lugar eventos sonoros de gran relevancia integrantes de su patrimonio cultural inmaterial. En este sentido, cabe destacar la representación del Canto de la Sibila, evento patrimonial de origen medieval que fusiona música y teatro. Se trata de un drama paralitúrgico del s. XVI que fue prohibido en el ámbito religioso tras las reformas litúrgicas surgidas del Concilio de Trento (Gómez Muntané 2007: 159-173). La interpretación valenciana del Canto de la Sibila, recuperada desde el año 2012, tiene influencias de la versión toledana y mallorquina, siendo esta última declarada Patrimonio Inmaterial de la Humanidad por la UNESCO.

En definitiva, la Catedral de Valencia es un recinto de culto que destaca por sus importantes valores patrimoniales, tanto materiales como inmateriales. Todo ello, la convierte en un elemento fundamental del patrimonio cultural valenciano, resultado fundamental fomentar su preservación y difusión.

3. Simulación acústica y visual de la Catedral de Valencia

3.1. Simulación acústica

A través de la simulación acústica, es posible recrear el sonido real de un recinto mediante el empleo de programas informáticos específicos. La simulación acústica parte de una previa toma de datos del comportamiento acústico del interior del recinto estudiado. Para ello, se ha realizado una campaña de medidas acústicas de la Catedral de Valencia con instrumental específico. En la Figura 1, se muestra una fotografía tomada durante el proceso de medición acústica en el interior del templo.



Figura 1. Medición acústica de la Catedral de Valencia.

Básicamente, el proceso consiste en excitar la sala con una fuente de emisión sonora y registrar su respuesta en diferentes puntos de medida para, a partir de los datos obtenidos, determinar los parámetros acústicos del recinto. La metodología seguida en la medición acústica se ha basado en los requerimientos establecidos en la UNE-EN ISO-3382-1. La fuente de emisión sonora se ha ubicado en las posiciones habituales del orador (altar, ábside y púlpito), mientras que los receptores se han ubicado en puntos representativos de las posiciones habituales de los oyentes. En total, se han establecido 3 posiciones de la fuente sonora y 47 posiciones de los receptores (Montell *et al.* 2012), según se indica en la Figura 2.

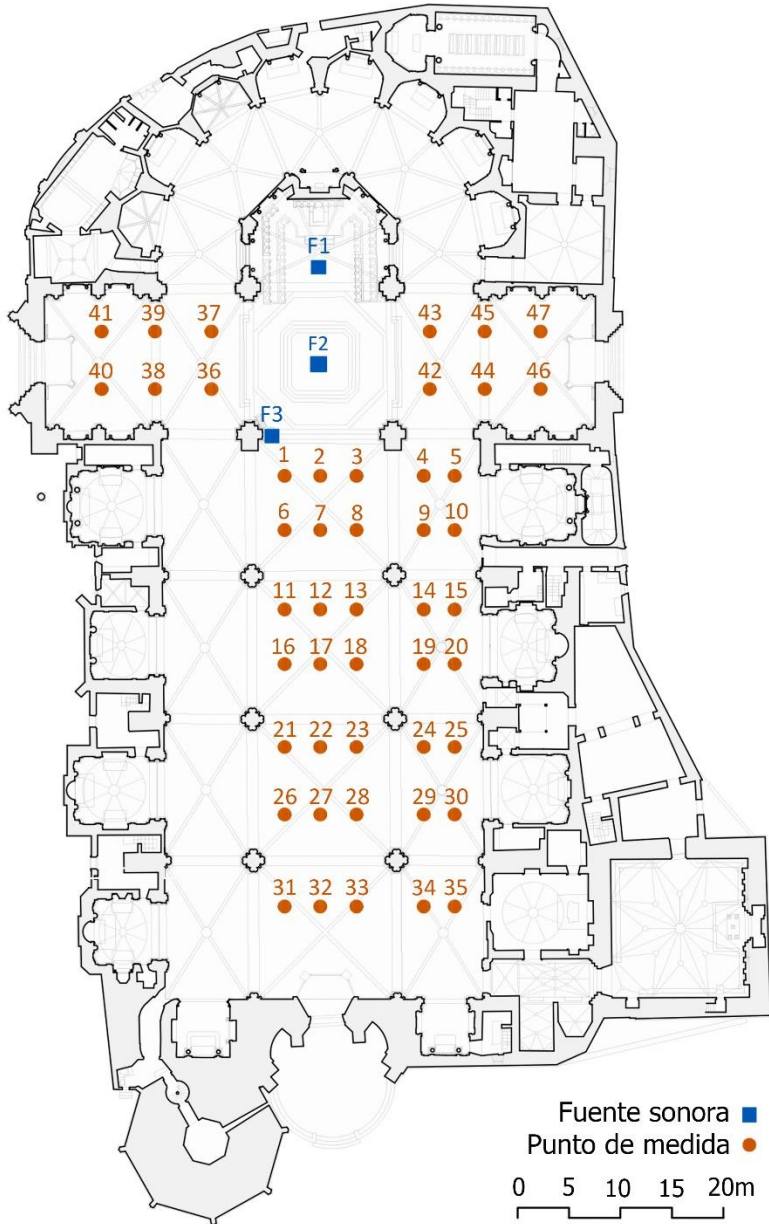


Figura 2. Ubicación de los puntos de medida y las fuentes sonoras en la medición acústica de la Catedral de Valencia.

A partir de los datos obtenidos en la medición, se han determinado los parámetros acústicos del interior del recinto mediante el empleo del programa informático *WinMLS*. Una vez conocidos estos parámetros, se puede iniciar el proceso de simulación acústica. Para ello, se ha levantado un modelo en 3D del interior de la Catedral de Valencia utilizando los programas informáticos *AutoCad* y *Sketchup*. Se trata de un modelo

simplificado, compuesto por caras planas orientadas hacia el interior del recinto, con lo que se optimiza el proceso de simulación acústica (Figura 3).

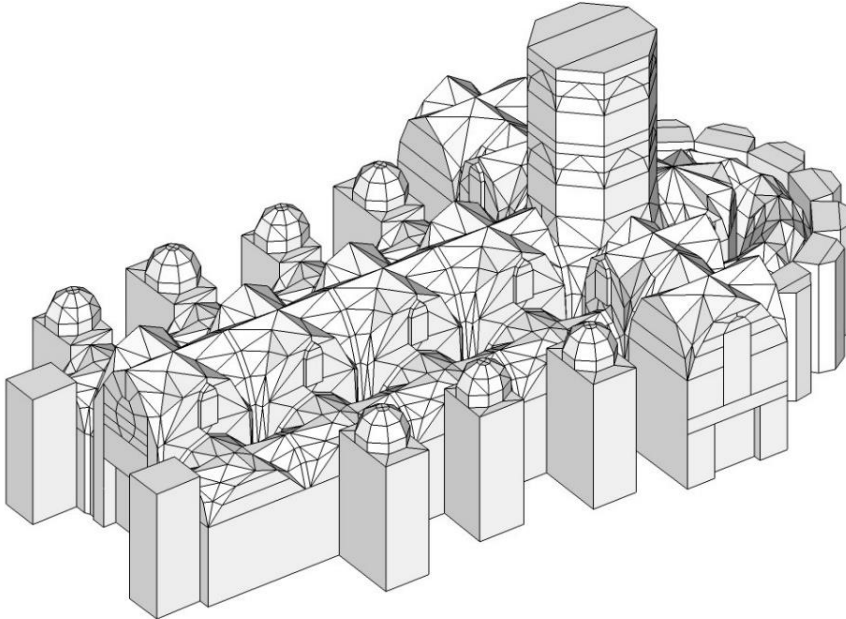


Figura 3. Modelo acústico simplificado de la Catedral de Valencia.

El modelo acústico de la Catedral de Valencia se ha exportado al programa informático *Odeon*, donde se ha realizado su calibración. El proceso de calibrado tiene como objetivo conseguir que el modelo virtual generado tenga un comportamiento acústico similar al recinto real. Para ello, es necesario asignar a cada una de las caras del modelo unas características acústicas determinadas según los materiales reales (piedra, madera, mármol, vidrio...). Las características acústicas de cada material se han determinado a partir de los resultados obtenidos en estudios experimentales (Bork 2005; Vorländer 2008; Martellotta 2009; Cox y D'antonio 2009). A partir de estos datos, se han realizado las adaptaciones necesarias para representar la respuesta real de la Catedral, con el objetivo de conseguir que el tiempo de reverberación del modelo sea igual o muy próximo al determinado experimentalmente. Así, se obtiene un modelo que es acústicamente idéntico al recinto real estudiado.

En la Figura 4, se muestra una comparativa entre el tiempo de reverberación medido y simulado, observándose un alto grado de coincidencia. Con ello, se considera válida la calibración realizada del modelo acústico.

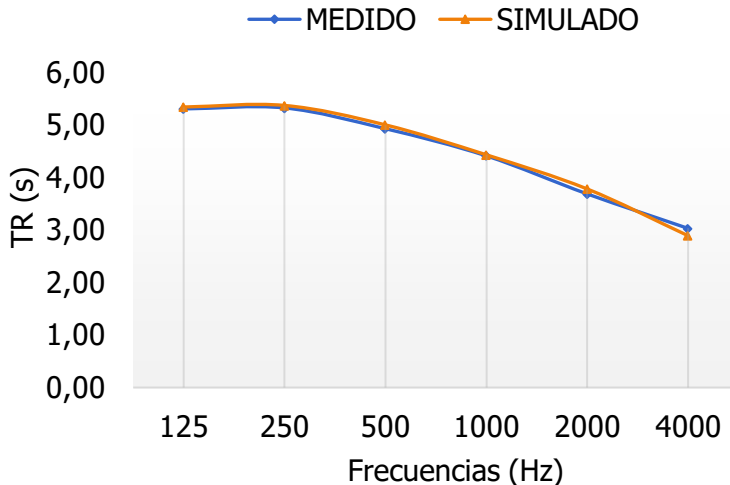


Figura 4. Comparativa del tiempo de reverberación medido y simulado.

Introduciendo en el modelo acústico calibrado un sonido anecoico¹, el programa informático *Odeon* permite obtener el sonido real en cualquier punto del modelo. Para obtener este sonido, es necesario realizar una grabación en una cámara anecoica, las cuales están específicamente diseñadas para absorber las reflexiones producidas por ondas acústicas evitando la reverberación del sonido. Para la simulación acústica de la Catedral de Valencia se ha empleado una grabación anecoica del canto coral *Alleluia*, obtenido como resultado un fiel reflejo de cómo sonaría un coro interpretando dicha pieza musical en el interior del templo.

3.2. Simulación visual

Para realizar la simulación visual, se ha levantado un modelo en 3D del interior de la Catedral con mayor nivel de detalle que el utilizado para la simulación acústica, con el objetivo de lograr un alto grado de realismo. El modelo en 3D, generado con el programa informático *AutoCad*, se ha exportado al programa informático *3dsMax* para realizar su texturización. El proceso de texturización consiste en asignar unas imágenes determinadas a cada una de las superficies del modelo según los materiales reales. Para ello, se ha generado una amplia biblioteca de

¹ Sonido que carece de reverberación.

texturas a partir de fotografías reales de los revestimientos de la Catedral. En la Figura 5, se muestran ejemplos de las texturas utilizadas. Una vez realizada la texturización, se ha incorporado la iluminación adecuada al modelo visual con el objetivo de obtener una representación realista del templo.

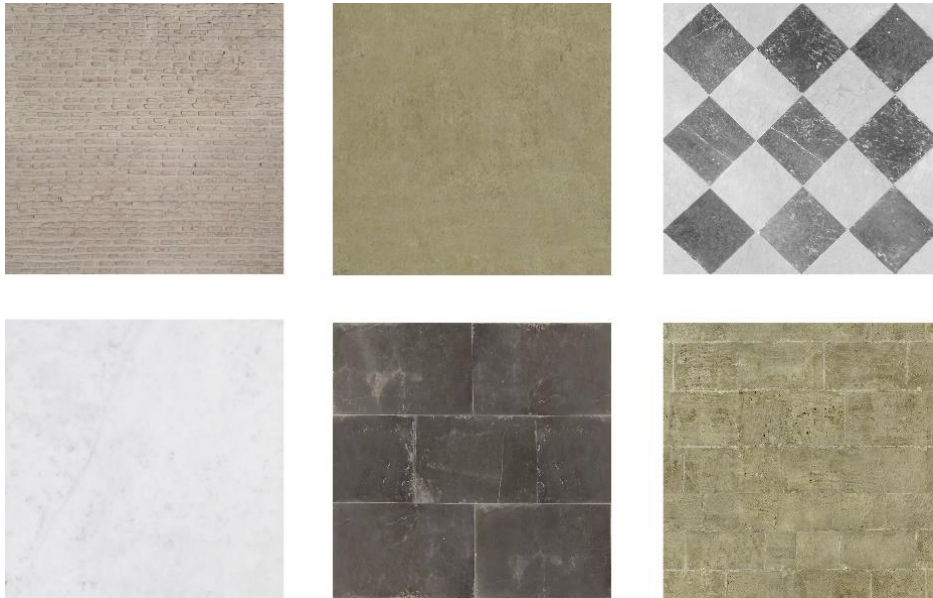


Figura 5. Texturas empleadas en el proceso de simulación visual.

Como resultado final de este proceso, se ha obtenido un modelo en 3D texturizado que representa los actuales valores artísticos y arquitectónicos del interior de la Catedral de Valencia (Fig. 6). En la Figura 6(a), puede observarse una vista desde la nave central hacia el altar mayor, donde puede apreciarse la arquitectura gótica originaria en la nave central, recuperada tras las reпрistinaciones realizadas en las últimas décadas. Se trata de un estilo artístico y arquitectónico caracterizado por la austeridad y simplicidad decorativa (Vilaplana Zurita 1997). En la Figura 6(b), se muestra una vista desde el altar hacia el ábside, donde se aprecia la fusión entre la laboriosa decoración barroca y el estilo renacentista del retablo del altar mayor y de las pinturas murales de la bóveda. Estos frescos renacentistas quedaron ocultos tras la construcción en el s. XVII de una bóveda en estilo barroco, siendo recuperados en la reпрistinaciones realizadas en las últimas décadas (Villa Ferrer 2006: 253-272). Se trata de unas pinturas murales renacentistas de gran valor artístico realizadas por Francisco Pagano y Pablo de San Leocadio en el s. XV (Company 2006: 43-94). En la Figura 6(c), se muestra una vista del transepto desde el altar hacia la parte interior de la Puerta de los Apóstoles, primer añadido de la estructura gótica originaria. Coronando la puerta, destaca un rosetón de coloridas vidrieras

que muestra el trazado de la estrella de David (Núñez Sanmartín, 2017). En la Figura 6(d), se muestra una vista desde la nave central hacia las capillas laterales, donde puede observarse la fusión entre la arquitectura gótica originaria de la nave central y la decoración neoclásica de las capillas laterales.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 6. Simulación visual de la Catedral de Valencia. (a) Vista desde la nave central hacia el altar. (b) Vista desde el altar hacia el ábside. (c) Vista del transepto desde el altar hacia la Puerta de los Apóstoles. (d) Vista desde la nave central hacia las capillas laterales.

3.3. Simulación completa

Mediante la fusión de la simulación acústica y visual, se ha obtenido la simulación completa del interior de la Catedral de Valencia. Para ello, se ha establecido un recorrido virtual a lo largo de la nave central del templo. Para este recorrido, se ha recreado el sonido que se percibiría en cada punto a través de simulaciones acústicas realizadas con el programa informático *Odeon*. Asimismo, se han generado las imágenes que se observarían a lo largo del recorrido a partir del renderizado² del modelo visual con el programa informático *3dsMax*.

Como resultado final del proceso, se ha obtenido un video con audio que ofrece la posibilidad de realizar una visita virtual por el interior de la Catedral de Valencia, facilitando el disfrute de su patrimonio, tanto material como inmaterial. Con el objetivo de difundir los resultados obtenidos, se ha publicado la simulación acústica y visual del interior de la Catedral de Valencia en la página Web oficial del Grupo de Investigación en Acústica Virtual de la Universitat Politècnica de València (Figura 7).

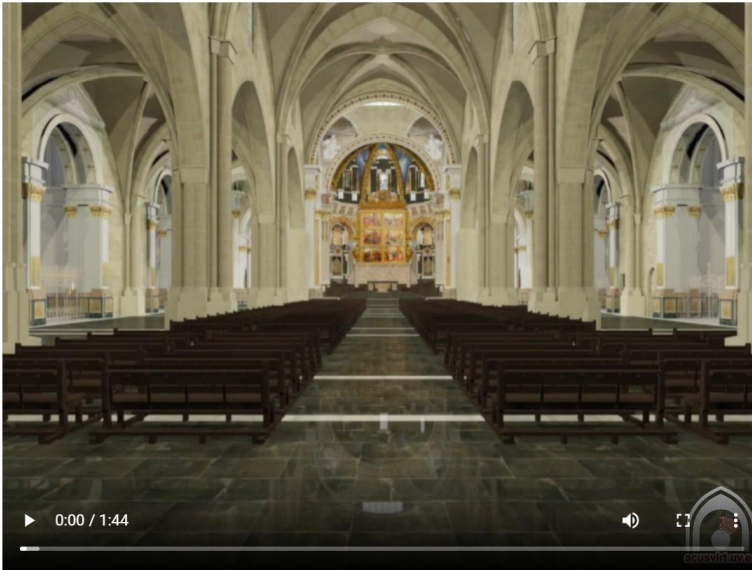


Figura 7. Simulación acústica y visual de la Catedral de Valencia.
<https://acusvirt.upv.es/2021/07/05/catedral-de-santa-maria-de-valencia/>

² Proceso con el que se genera una imagen realista a partir de un modelo 3D.

4. Conclusiones

Gracias a la simulación acústica y visual obtenida del interior de la Catedral de Valencia, cualquier persona, desde cualquier lugar y en cualquier momento, puede disfrutar de su arquitectura, arte y sonoridad. Hoy en día, que vivimos en un mundo constantemente conectado, la simulación virtual del patrimonio resulta una excelente herramienta para promover su difusión, estudio y disfrute. Esto resulta especialmente interesante en la situación actual emergencia sanitaria ocasionada por el Covid-19, ofreciendo la posibilidad de hacer turismo a distancia. Asimismo, la simulación acústica y visual garantiza la preservación de los actuales valores artísticos, arquitectónicos y sonoros de la Catedral. Con ello, si en un futuro el templo sufriera alteraciones de cualquier índole, se dispondría de un compendio detallado de información visual y sonora de su estado actual, lo que garantizaría su conservación y permitiría su disfrute y estudio por parte de futuras generaciones.

Por otro lado, la simulación acústica y visual tiene también aplicación en el ámbito de la restauración del patrimonio. A través de la simulación de los recintos de culto, se puede conocer de antemano el resultado visual y acústico de cualquier propuesta de intervención, facilitando en gran medida la labor de los restauradores. Asimismo, ofrece la posibilidad de conocer el resultado de cualquier propuesta de mejora en el acondicionamiento acústico previamente a su realización práctica. Con ello, se puede obtener un comportamiento acústico óptimo de los recintos de culto, a la vez que se garantiza la conservación de sus valores patrimoniales.

Como línea futura de investigación, se plantea la posibilidad de realizar la simulación acústica y visual de las diferentes etapas constructivas de la Catedral de Valencia, simulando la evolución artística, arquitectónica y acústica del templo. Con ello, sería posible realizar turismo virtual por el templo a lo largo de su historia. Por otro lado, se está trabajando en la realización de un modelo virtual interactivo, en el que el espectador pueda moverse libremente, observando y escuchando lo mismo que si realizara una visita presencial.

Agradecimientos

Este estudio ha sido subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través de los proyectos de investigación BIA2012-36896 y BIA2016-76957-C3-3-R.

Agradecemos a la Catedral de Valencia por posibilitar el acceso para la medición acústica, en particular al canónigo Jaime Sancho. Asimismo, agradecemos a Jaume Segura, Rafael Fayos, Salvador Cerdá, Rosa

Cibrián, Arturo Barba, Radha Montell, Ana Planells, Joaquín Navasquillo y Radu Lacatis por su colaboración.

Bibliografía

- ALONSO CARRILLO, Alicia, 2016. *El sonido de las catedrales de Sevilla y Granada: acústica y recuperación patrimonial*. Sevilla: Universidad de Sevilla. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11441/52245>
- ÁLVAREZ MORALES, Carmen Lidia, 2016. *Acústica de grandes espacios de culto*. Sevilla: Universidad de Sevilla. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11441/47015>
- BORK, Ingolf, 2005. Report on the 3rd round robin on room acoustical computer simulation—Part II: Calculations. *Acta Acustica united with Acustica*, 91(4), 753-763.
- COMPANY, Ximo, 2006. Ángeles de azul y oro en la Catedral de Valencia. Estudio histórico y análisis estilístico. En: *Los Ángeles Músicos de la Catedral de Valencia. Estudios previos*. Valencia: Generalitat Valenciana, 43-94. ISBN 978-84-482-4376-0.
- COX, Trevor J. y D'ANTONIO, Peter, 2009. *Acoustic absorbers and diffusers: theory, design and application*. Oxon, USA y Canadá: Taylor & Francis. ISBN 0-203-57215-7.
- GÓMEZ, Maricarmen, 2007. Del *Iudicci signum* al Canto de la Sibila: primeros testimonios. En: *Hispania vetus: manuscritos litúrgico-musicales de los orígenes visigóticos a la transición francorromana (s. IX-XII)*. Bilbao: Fundación BBVA, 159-173. ISBN 978-84-96515-49-9.
- MARTELOTTA, Francesco, 2009. Identifying acoustical coupling by measurements and prediction-models for St. Peter's Basilica in Rome. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126(3), 1175-1186.
- MONTEL, Radha; GIMÉNEZ, Alicia; CERDÁ, Salvador; SEGURA, Jaume; CIBRIÁN, Rosa y BARBA, Arturo, 2012. Influencia de la localización de la fuente sonora en los parámetros acústicos en la Catedral Metropolitana de Valencia. *Proceedings de Acústica*. Disponible en: <http://sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/136.pdf>
- NÚÑEZ SANMARTÍN, Aida, 2017. *Análisis, estudio y restitución gráfica de la Catedral de Valencia antes de la reprimación de 1972*. Valencia: Universitat Politècnica de València. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/111005>
- PLANELLÉS PÉREZ, Ana, 2017. *La acústica virtual en el estudio del patrimonio arquitectónico de la Basílica de Santa María y el Misteri d'Elx*. Valencia: Universitat Politècnica de València. Disponible en: <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/90520> DOI: 10.4995/Thesis/10251/90520.
- VILAPLANA ZURITA, David, 1997. *La Catedral de Valencia*. León: Everest. ISBN 10: 8424135407.
- VILLA FERRER, Salvador. 2006. Recuperación de la bóveda del ábside de la Catedral de Valencia. En: *Los Ángeles Músicos de la Catedral de Valencia. Estudios previos*. Valencia: Generalitat Valenciana, 253-272. ISBN 978-84-482-4376-0.
- VORLÄNDER, Michael, 2008. *Auralization: Fundamentals of Acoustics, Modelling, Simulation, Algorithms and Acoustic Virtual Reality*. Berlín: Springer. ISBN 978-3-540-48830-9.