

## IGLESIA DE SANTA ANA DE MORATALAZ. PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ACÚSTICA

A. Bueno, A. L. León, M. Galindo<sup>1</sup>

Universidad de Sevilla

Dpto. Construcciones Arquitectónicas I, <sup>1</sup>Dpto. Física Aplicada II, ETS Arquitectura, IUACC.

Avda. Reina Mercedes 2, 41012 Sevilla, España.

Tel.: + 34 954556595. Fax: +34 954557018. <sup>1</sup>Tel. + 34 954556672. Fax: +34 954557892.

E-Mail: [anabueno@us.es](mailto:anabueno@us.es), [leonr@us.es](mailto:leonr@us.es), [mgalindo@us.es](mailto:mgalindo@us.es)

### Resumen

Partiendo de las actuales condiciones acústicas de la iglesia, obtenidas mediante las medidas *in situ* del campo sonoro, en este trabajo se realiza una propuesta de rehabilitación acústica, con el fin de mejorar su comportamiento acústico. Esta propuesta de intervención consta de dos fases: la primera realiza un conjunto de actuaciones que consigan disminuir los elevados tiempos de reverberación actuales, para ajustarlos a los considerados como óptimos para los usos de palabra y música religiosa. Y la segunda fase, dada la importancia de la inteligibilidad de la palabra en el recinto, valorada mediante el índice STI, propone una instalación de megafonía (apoyo electroacústico), que mejore la inteligibilidad en el mismo. Para comprobar la idoneidad de la propuesta, las medidas correctoras se incorporan al modelo geométrico tridimensional, previamente calibrado a partir de las medidas experimentales, y se procede a las simulaciones acústicas del campo sonoro. Los resultados de los principales parámetros acústicos relacionados con cada aspecto de la sensación subjetiva del oyente, se analizan y se contrastan con los resultados de la medición realizada *in situ* y con los de las simulaciones del estado actual.

**Palabras-clave:** acústica de salas, acústica de recintos de culto, simulación acústica, refuerzo de sonido, rehabilitación acústica.

### Abstract

Based on current acoustic conditions of the church, obtained from *in situ* measurements of the sound field, in this paper an acoustic rehabilitation is proposed, in order to improve its acoustic performance. This proposal of intervention consists of two phases: the first step performs a set of actions that succeed in reducing the current high reverberation times, to match those considered optimal for uses of speech and religious music. And the second step, given the importance of speech intelligibility in the enclosure, as assessed by STI index, proposes a public address system (electroacoustic support), to improve its intelligibility. To check the suitability of the proposed remedial, these measures are incorporated into a three-dimensional geometric model, previously calibrated from experimental measurements, and prior to the acoustic simulations of the sound field. The results of the main acoustic parameters associated with each aspect of a listener's subjective feeling are analysed and compared with the results of the measurements carried out *in situ*, and with the simulations of the current state.

**Keywords:** room acoustics, worship acoustics, acoustic simulation, sound-reinforcement, acoustic rehabilitation.

**PACS no.** 43.55.Gx, 43.55.Jz, 43.55.Ka.

## 1 Introducción

La iglesia parroquial de Santa Ana (1965-1971), situada en el barrio de Moratalaz de Madrid (España), fue el primer templo que el arquitecto Miguel Fisac (1913-2006) proyectó conforme a las directrices litúrgicas marcadas por el Concilio Vaticano II (1962-1965), constituyendo un punto de inflexión en su amplia trayectoria arquitectónica religiosa.

Para el complejo parroquial de Santa Ana, Fisac proyectó una iglesia de planta ovalada con un marcado eje transversal, para conseguir una eficaz agrupación de la asamblea en torno al presbiterio, pues pensaba que ésta sería la forma que esa misma asamblea tomaría, si se reuniera en un espacio libre (Figura 1).



Figura 1 – Vista interior hacia el presbiterio (izquierda), vista lateral de la iglesia donde se aprecian los muros dispersivos y la asamblea (derecha).

El arquitecto, al no poder utilizar materiales absorbentes sonoros en la iglesia por razones económicas, proyectó en la pared posterior del óvalo unas formas convexas, que denominó *muros dispersivos*, para que dispersaran las ondas sonoras, evitando así las concentraciones acústicas de su forma cóncava [1]. En la iglesia, al igual que en la totalidad del conjunto parroquial, el material empleado es el hormigón visto, ejecutado *in situ* en todos los paramentos verticales. La cubierta se resuelve mediante *vigas hueso* de hormigón prefabricado, según patente del arquitecto, dispuestas en la nave paralelamente al eje longitudinal que une el presbiterio y los *muros dispersivos*. La cubierta, de piezas prefabricadas apoyada en los muros de carga perimetrales del templo, se interrumpe al llegar al presbiterio para dar lugar a un gran lucernario que se eleva en altura.

## 2 Medición acústica *in situ* y simulación del campo sonoro

La medida acústica *in situ* de la iglesia se realizó siguiendo el procedimiento normalizado recogido en la norma ISO 3382-1-2009(E) [2], con la iglesia desocupada de fieles. Los resultados y conclusiones de la medición, realizada en julio de 2010, se presentaron en [3]. Como resumen de esos resultados, en la Tabla 1 se presentan los valores de los parámetros objetivos, promediados espacialmente y en frecuencia, junto con su relación con los aspectos subjetivos del oyente. Es de destacar el alto valor del tiempo de reverberación 5,73 s ( $T_{30}$ ) promediado en frecuencias medias.

Tabla 1 – Magnitudes acústicas de la medición *in situ* del estado actual.

Aspecto subjetivo del oyente	Magnitud acústica	Iglesia de Santa Ana
Nivel sonoro subjetivo	Fuerza sonora, G (dB)	17,7
Reverberación percibida	Tiempo de reverberación inicial, EDT (s)	5,7
Claridad del sonido percibida	Claridad, $C_{80}$ (dB)	-6,6
	Definición, $D_{50}$	0,14
	Tiempo central, $T_S$ (ms)	412,5
Ancho aparente de la fuente (ASW)	Fracción de energía lateral precoz, $J_{LF}$	0,16
Envolvente del oyente (LEV)	Nivel sonoro lateral final, $L_J$ (dB)	12,6

Los resultados de la Tabla 1 (y las Figuras 5 a 10 siguientes), muestran que los valores medidos están lejos de los valores recomendados, dando por tanto lugar a deficiencias acústicas, aun cuando el nivel sonoro subjetivo y el ASW son adecuados.

Para reproducir el comportamiento sonoro de la iglesia, se elaboró un modelo informático tridimensional que fue calibrado a partir de los resultados de la medición *in situ*, tal y como se describió en [4], modificando los coeficientes de absorción y *scattering* de los materiales de revestimiento con más incertidumbre, para ajustar el tiempo de reverberación ( $T_{30}$ ) en la hipótesis de sala vacía de fieles y con la fuente coincidente con el altar. Como procedimiento de calibración [5], se estimó que la coincidencia es adecuada, si el valor del  $T_{30}$  difiere menos del umbral perceptible *Just Noticeable Difference* (JND), que corresponde a un 5% de los valores medidos en cada banda de octava.

### 3 Propuesta de rehabilitación acústica

#### 3.1. Descripción y justificación de la propuesta

Para mejorar las deficiencias acústicas detectadas en el análisis de las condiciones del estado actual de la iglesia, se propone la introducción de una serie de medidas correctoras bajo dos condiciones: respetar la idea de proyecto del arquitecto, en cuanto a concepción espacial, formas y texturas de materiales principales, ya que se trata de un edificio protegido arquitectónicamente, y que éstas fueran actuaciones reversibles, mediante el desmontaje de los elementos añadidos.

Además de dichos objetivos de carácter general, la intervención propuesta intentará alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- Disminuir los elevados tiempos de reverberación actuales, para ajustarlos a los considerados como óptimos para los usos de palabra y música religiosa [6]. Esta medida permitirá, a su vez, mejorar otros parámetros acústicos como la inteligibilidad de la palabra y la claridad musical, así como reducir la energía de las reflexiones largas en los distintos puntos de recepción.
- Mantener la buena distribución sonora existente en el recinto.

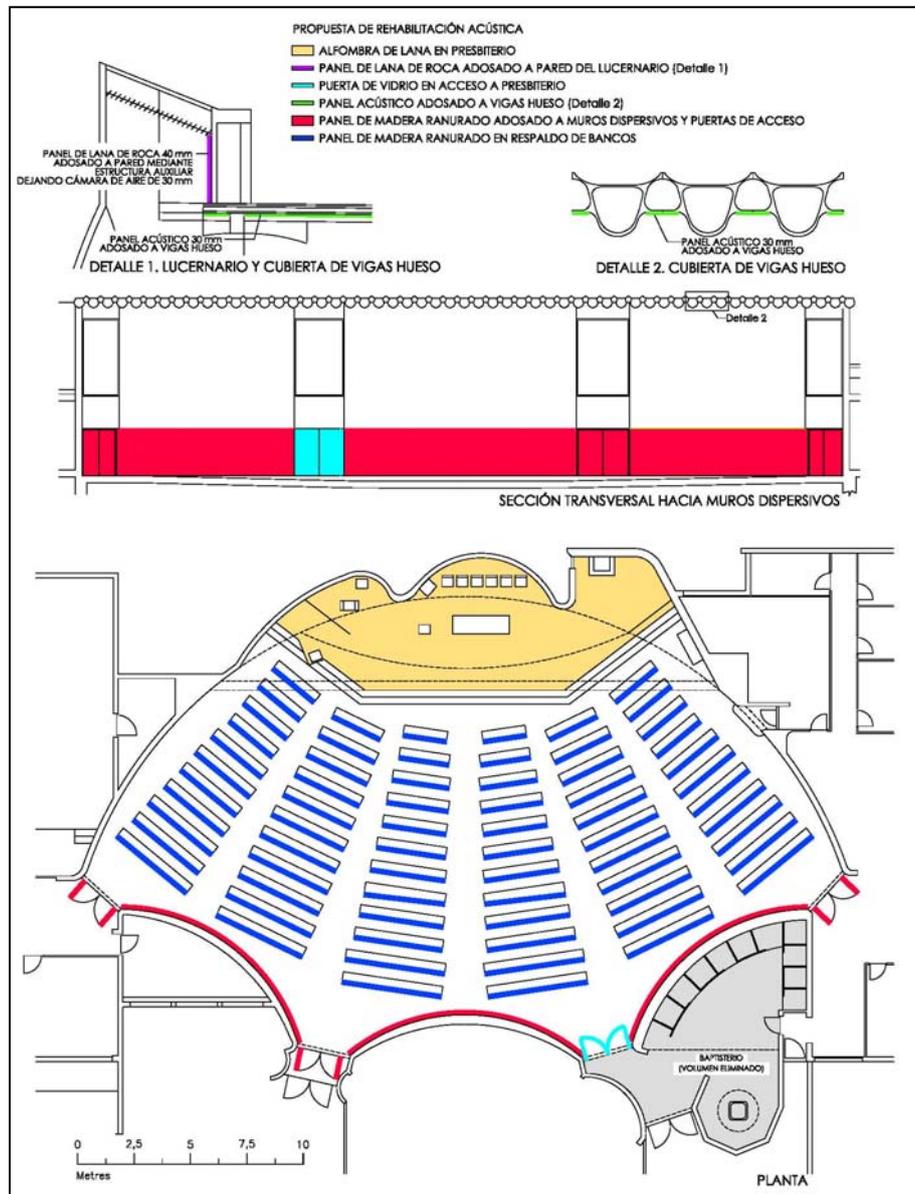


Figura 2 – Planta y sección. Situación de materiales de revestimiento propuestos.

- Lograr que la iglesia tenga un buen comportamiento sonoro, independientemente del grado de ocupación de la misma, de tal forma que su acústica no esté tan condicionada por el número de personas que la ocupen.
- Por la importancia de la inteligibilidad de la palabra en el recinto, proponer una adecuada instalación de megafonía, que mejore el entendimiento del mensaje hablado.

Para conseguir lo anterior, la propuesta de rehabilitación acústica se apoya en un conjunto de actuaciones, orientadas, en su mayoría, a la implementación en el recinto de revestimientos absorbentes, dispuestos estratégicamente desde el punto de vista acústico y arquitectónico. El conjunto de revestimientos, cuya localización se representa en la Figura 2, se describen a continuación:

- Moqueta de lana 2,3 kg/m<sup>2</sup> en el suelo del presbiterio.

- Panel mural de lana de roca de 40 mm de espesor, fijado mediante una estructura auxiliar en el muro alto que forma el lucernario. El panel propuesto es el modelo VertiQ A24, sistema T de la marca comercial Rockfon. Esta operación es sólo visible desde el presbiterio y disminuirá la concentración de reflexiones tardías que tienen lugar en el lucernario.
- Puerta de vidrio en el acceso al baptisterio, con lo que al eliminar este espacio, el volumen del recinto eclesial disminuye  $187,8 \text{ m}^3$ , pasando a ser de  $3486,2 \text{ m}^3$ . La puerta de vidrio, por su naturaleza liviana y transparente, permitirá la relación espacial existente entre baptisterio y nave.
- Panel acústico de lana de roca de 30 mm de espesor adosado a las franjas planas de las *vigas hueso* del techo (marca: Rockfon, modelo: Mono Acoustic TE 1200x1200x30 mm). Con esta operación, se aporta absorción sonora a una de las superficies que recibe más impactos de ondas sonoras.
- Zócalo de 2,15 m de altura instalado sobre los muros curvos del fondo de la sala (*muros dispersivos*) y en las puertas de acceso a la iglesia. El zócalo está formado por un panel de madera de tipo ranurado (ranuras de 8 mm) y 12,5 mm de espesor, fieltro acústico, lana mineral de 40 mm de espesor y cámara de aire 30 mm de espesor (marca: Gustafs, modelo: RS8C40). La introducción de este elemento absorbente se justifica por el uso habitual de la zona practicable de los *muros dispersivos* en la parroquia (con numerosos carteles, posters, etc.) y a la incidencia sobre la pared de fondo de gran cantidad de impactos de ondas y reflexiones tardías.
- Incorporación de absorción sonora en el respaldo de los bancos de madera, mediante la utilización del panel ranurado descrito anteriormente (Figura 3). Como el comportamiento de la iglesia vacía difiere mucho del ocupado, con esta operación se dota de absorción sonora al propio banco, consiguiéndose que las condiciones acústicas no dependan tanto del estado de ocupación de la iglesia.

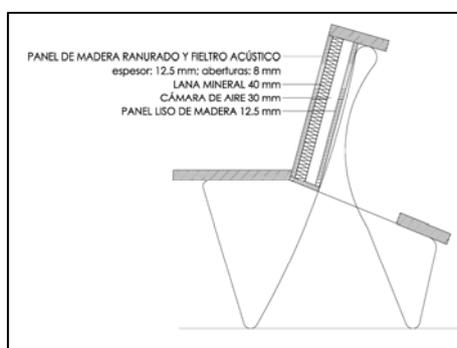


Figura 3 – Detalle del banco propuesto.

### 3.2. Simulación acústica del campo sonoro

Para comprobar la idoneidad de la propuesta, los nuevos revestimientos se incorporaron al modelo tridimensional, previamente calibrado, y se procedió a comprobar su comportamiento acústico utilizando la herramienta CATT Acoustics v8.0k y CATT TUUCT v1.0f (Figura 4).

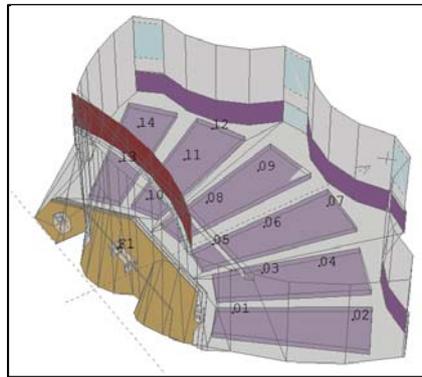


Figura 4 – Modelo tridimensional de la iglesia con la propuesta de rehabilitación acústica.

En la tabla 2 se muestran los coeficientes de absorción y *scattering* de los revestimientos utilizados en la simulación de la propuesta de rehabilitación. Los valores de los mismos han sido obtenidos de fuentes reconocidas y publicadas internacionalmente [7] [8] [9], así como de los propios fabricantes de los productos seleccionados [10] [11]. Los valores de los coeficientes de absorción correspondientes a revestimientos heterogéneos, como la cubierta de *vigas hueso* con el panel acústico o los bancos de madera con respaldo absorbente, han sido obtenidos analíticamente, a partir de las proporciones geométricas de los elementos que integran el conjunto. Los coeficientes de dispersión sonora de estas superficies son los mismos que los empleados para la calibración del modelo informático [4].

Tabla 2 – Coeficientes de absorción ( $\alpha$ ) y dispersión sonora ( $s$ ) de los revestimientos introducidos en el recinto eclesial con la propuesta de rehabilitación acústica.

MATERIAL		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
MOQUETA DE LANA 2,3 kg/m <sup>2</sup> [9]	$\alpha$	17	18	21	50	63	83
	$s$	10	10	10	10	10	10
PANEL MURAL PRESBITERIO [10]	$\alpha$	25	75	100	100	100	100
	$s$	10	10	10	10	10	10
PUERTA DE VIDRIO [7] [8]	$\alpha$	18	6	4	3	2	2
	$s$	10	10	10	10	10	10
VIGAS HUESO HORMIGÓN CON PANEL ACÚSTICO[10]	$\alpha$	17	19	31	31	31	31
	$s$	15	15	20	20	25	25
PANEL MUROS DISPERSIVOS [11]	$\alpha$	35	70	85	70	55	45
	$s$	40	25	15	10	10	10
PANEL PUERTAS DE ACCESO [11]	$\alpha$	35	70	85	70	55	45
	$s$	10	10	10	10	10	10
BANCO MADERA VACÍO CON PANEL RANURADO[11]	$\alpha$	24	40	45	39	33	23
	$s$	30	40	50	60	70	80

### 3.3. Análisis y valoración de las condiciones acústicas

Para valorar la propuesta de rehabilitación acústica, en las Figuras 5, 6, 7 y 8 siguientes se han representado los resultados de los principales parámetros acústicos recogidos en la Tabla 1. Se presentan los valores promediados espacialmente, a las frecuencias comprendidas entre 125 y 4000Hz, así como su distribución espacial mediante la desviación estándar. Sistemáticamente, las gráficas de cada parámetro muestran los resultados de la medición realizada *in situ*, las simulaciones del estado actual (EA), en sus configuraciones de vacío y ocupado, así como los valores de las simulaciones de la propuesta de rehabilitación acústica (RE), con la sala vacía y ocupada al 100%.

## Reverberación

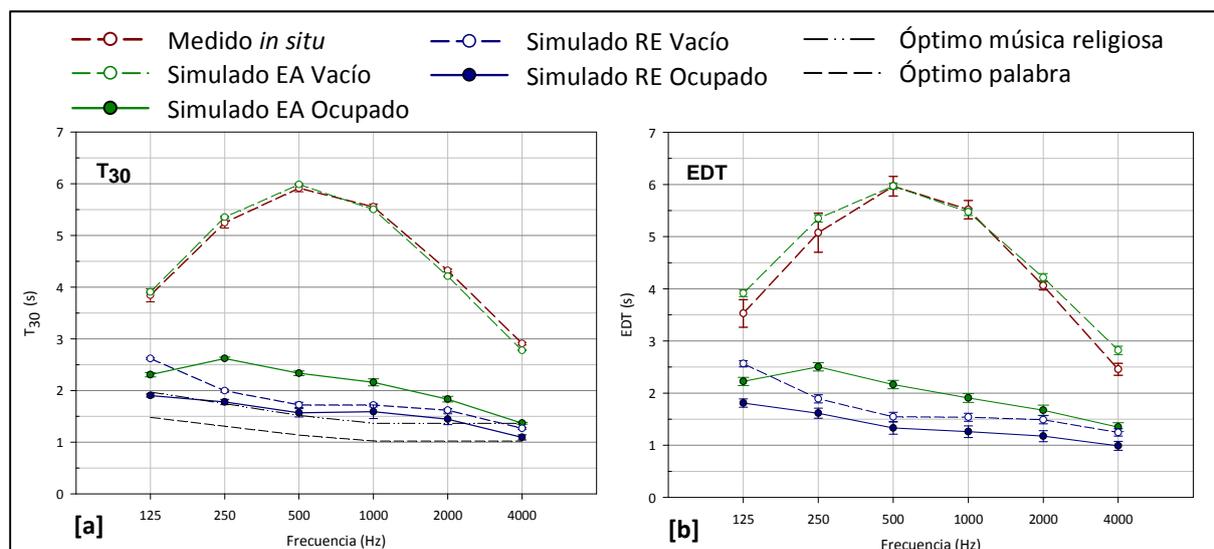


Figura 5 – Tiempo de reverberación  $T_{30}$  (s) y tiempo de caída inicial EDT (s). Promediado espacial frente a la frecuencia.

En la gráfica de la Figura 5[a], se aprecia que con la propuesta de rehabilitación se reducen notablemente los tiempos de reverberación del recinto, valorados con el  $T_{30}$ , tanto con la sala vacía como ocupada. En la hipótesis de sala ocupada, los tiempos de reverberación obtenidos se ajustan a los valores óptimos para la música religiosa. Algo similar ocurre con los valores del EDT (Figura 5[b]).

## Inteligibilidad de la palabra y claridad musical

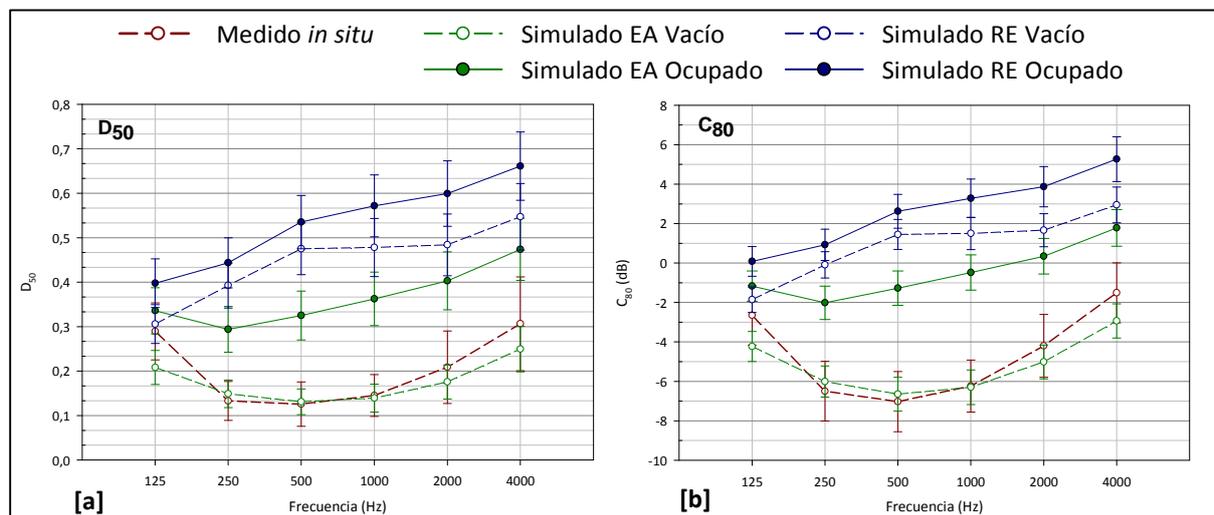


Figura 6 – Definición  $D_{50}$  (dB) y claridad musical  $C_{80}$  (dB). Promediado espacial frente a la frecuencia.

Las gráficas de la Figura 6, reflejan que al introducir las medidas correctoras de revestimientos en el recinto eclesial, los valores de la definición ( $D_{50}$ ) y la claridad musical  $C_{80}$  mejoran sensiblemente a

todas las frecuencias, especialmente en las bandas con más repercusión en la inteligibilidad de la palabra y la claridad musical, es decir, las bandas centrales.

Es de destacar, la sensible mejora de los parámetros analizados cuando la iglesia está vacía, en comparación con los resultados del estado actual, existiendo muy poca diferencia entre los resultados de las hipótesis de iglesia vacía y ocupada.

### Nivel sonoro subjetivo

Como era esperable por la disminución de los tiempos de reverberación iniciales y, en consecuencia, la reducción del nivel sonoro del campo reverberado, los valores simulados de la fuerza acústica ( $G$ ), en todas las bandas de octava, disminuyen sensiblemente respecto a los resultados del estado actual (Figura 7). Esta disminución es de unos 8 dB en la hipótesis de iglesia ocupada y algo menor con la iglesia vacía. No obstante, en casi todos los puntos de recepción distribuidos en la zona de audiencia, los valores de  $G$  se sitúan dentro del rango típico establecido en la citada norma UNE [2].

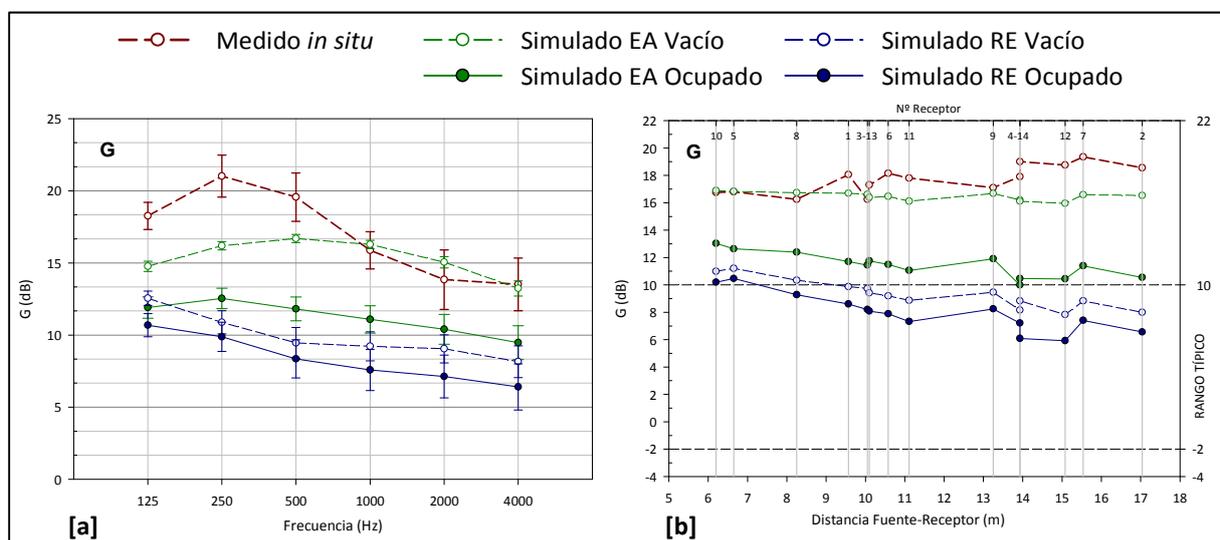


Figura 7 – Fuerza sonora  $G$  (dB). Promediado espacial frente a la frecuencia y promediado espectral frente a la distancia fuente-receptor.

### Impresión espacial

Los resultados de los parámetros relacionados con la impresión espacial, fracción de energía lateral precoz ( $J_{LF}$ ) y coeficiente de correlación cruzada interaural inicial ( $IACC_E$ ) indican que tras la intervención acústica, el oyente sigue manteniendo buenas condiciones de impresión espacial, permaneciendo envuelto en la sensación sonora y con capacidad de situar espacialmente las posibles fuentes. Los resultados obtenidos con la propuesta de mejora, para ambos parámetros, son muy similares en las configuraciones de recinto vacío y ocupado y, a su vez, parecidos a los obtenidos con las simulaciones informáticas del estado actual (Figura 8).

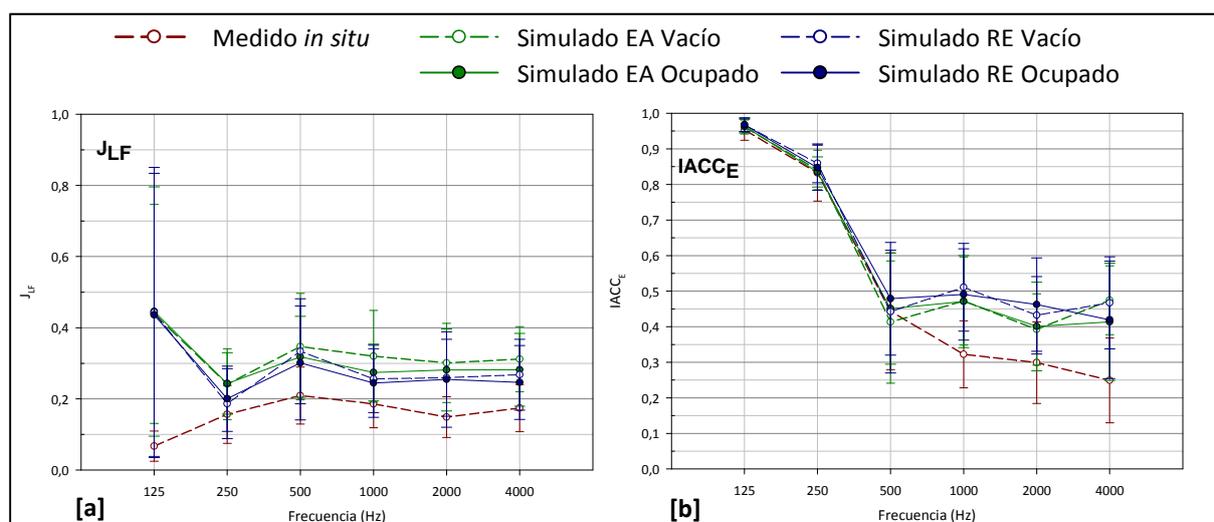


Figura 8 – Fracción de energía lateral precoz  $J_{LF}$  y coeficiente de correlación cruzada interaural inicial  $IACC_E$ . Promediado espacial frente a la frecuencia.

### 3.4. Estudio de la inteligibilidad mediante el índice de transmisión de la palabra: megafonía

Con el fin de evaluar los resultados de la inteligibilidad de la iglesia, en la Figura 9 se presentan los valores obtenidos del *Speech Transmission Index* (STI). Junto a las hipótesis estudiadas anteriormente para el resto de parámetros acústicos, se aportan, además, los resultados correspondientes a la simulación de la propuesta de rehabilitación acústica con apoyo electroacústico (AE) vacío y ocupado, ofreciéndose los datos registrados en los catorce puntos de recepción, frente a la distancia fuente-receptor. En la representación gráfica, los valores se contrastan con la escala de inteligibilidad subjetiva. Como puede observarse, en el estado actual, los valores del índice STI de la iglesia, tanto los medidos *in situ* como los simulados con la sala vacía, califican a ésta como pobre y/o mala, en toda la zona de audiencia. En el caso de sala ocupada, los valores pasan a ser aceptables.

Con la propuesta de rehabilitación, y la incorporación de los nuevos revestimientos, se mejoran sensiblemente los resultados de la inteligibilidad. En el caso de la sala vacía, la inteligibilidad se califica entre aceptable y buena, mientras que con la sala ocupada se considera buena en casi todos sus puntos. El aumento medio de este parámetro es del 57% y 20% para la sala vacía y ocupada, respectivamente. No obstante, y dado que uno de los objetivos más importantes de una iglesia, desde el punto de vista sonoro, es tener una buena inteligibilidad de la palabra, se ha estudiado el efecto que tendría la incorporación de un adecuado sistema de megafonía, pues en casi todos estos recintos es frecuente la utilización de sistemas de apoyo electroacústico.

Tras sucesivas pruebas de tipo de altavoces, posición, altura y orientación de los mismos, el sistema propuesto y simulado consta de dos altavoces de columna (marca Duran Audio BV, modelo DC180 Axys Intellivox), dispuestos en el presbiterio a una altura de 2 m desde el suelo al centro del altavoz. Estos altavoces incorporan la tecnología *Digital Directivity Control* (DDC) que permite controlar el patrón de directividad vertical del producto intellivox y dirigir el sonido hacia el oyente, manteniendo una cobertura uniforme en el plano de audiencia, evitando que el haz de rayos incida en superficies que pueden causar reflexiones no deseadas. El sistema permite obtener relaciones entre sonido directo y reverberante muy elevadas, situación que favorece la adecuada inteligibilidad de la palabra.

La Figura 9 refleja que el uso del apoyo electroacústico en el recinto, proporciona resultados homogéneos del STI en el área de la audiencia, mejorando los resultados de este parámetro en torno al 18 y 16 % en las opciones estudiadas de sala vacía y ocupada, respectivamente. En ambos casos, la inteligibilidad se califica como buena, e incluso, algunos valores de la configuración ocupada se sitúan en el límite que permite considerar la inteligibilidad como excelente.

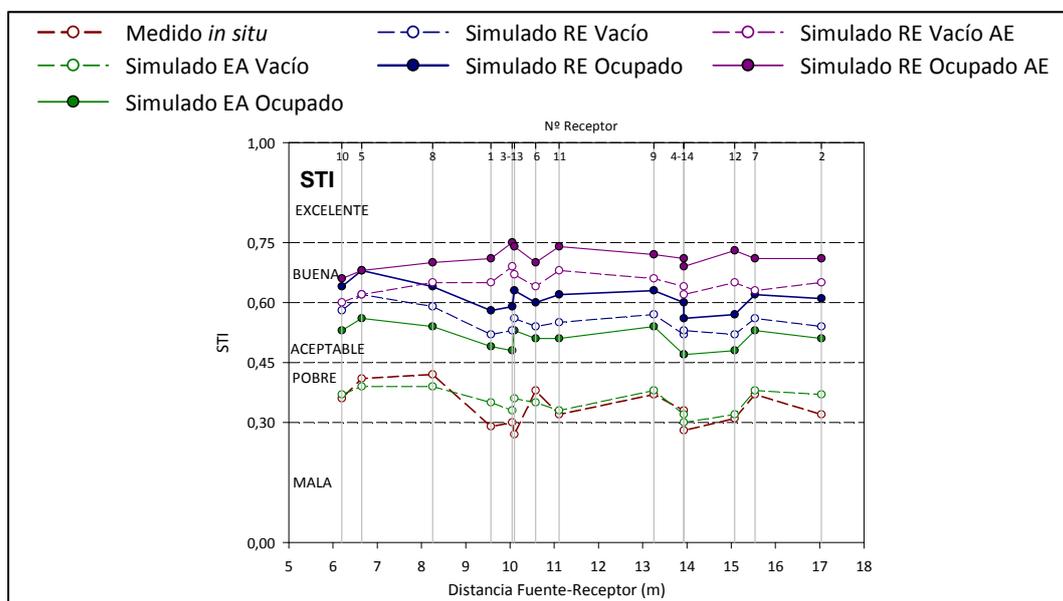


Figura 9 – Índice de transmisión de la palabra STI frente a la distancia fuente-receptor y escala de cualificación de la inteligibilidad.

Para analizar la distribución espacial de resultados sobre la superficie de audiencia, en la Figura 10 se aportan los mapas de resultados del índice de transmisión de la palabra (STI), correspondientes a la simulación del estado actual (EA), tras la propuesta de rehabilitación acústica (RE) y tras dicha propuesta con la utilización del sistema de apoyo electroacústico (AE), todos ellos en su configuración de iglesia ocupada y con la fuente situada en el altar o con los altavoces en el presbiterio.

En el mapa del STI del estado actual (Figura 10[a]), los resultados presentan una distribución bastante homogénea, siendo los valores ligeramente mejores en las franjas centrales de la audiencia. En la Figura 10[b], se observa la repercusión que la propuesta de rehabilitación acústica tiene sobre el STI en la totalidad de la zona de la audiencia. En esta situación, el valor medio obtenido es de 0,59, dato muy próximo al umbral que califica la inteligibilidad como buena (0,60). Como en el estado actual, los mejores resultados se obtienen en las franjas centrales de la audiencia.

Si tenemos en cuenta tanto la propuesta de introducción de materiales absorbentes como la implementación del sistema de apoyo electroacústico propuesto (Figura 10[c]), el STI alcanza valores aún más favorables. En la zona de audiencia el valor medio pasa a ser 0,63, siendo más notable la mejora en las zonas de audiencia cercanas a los muros dispersivos, donde se alcanzan valores del STI superiores a 0,70. Esto hecho pone de manifiesto que la disposición asamblearia, cuando los muros dispersivos cuentan con la suficiente absorción, contribuyen a mejorar la inteligibilidad de la palabra. En dicho mapa de distribución se observa que en las filas delanteras de la audiencia se registran los valores más bajos del STI. No obstante, hay que tener en cuenta que estas zonas, al estar más cercanas a la fuente sonora, contarán con el sonido directo que proviene directamente del orador, además del propio del sistema electroacústico.

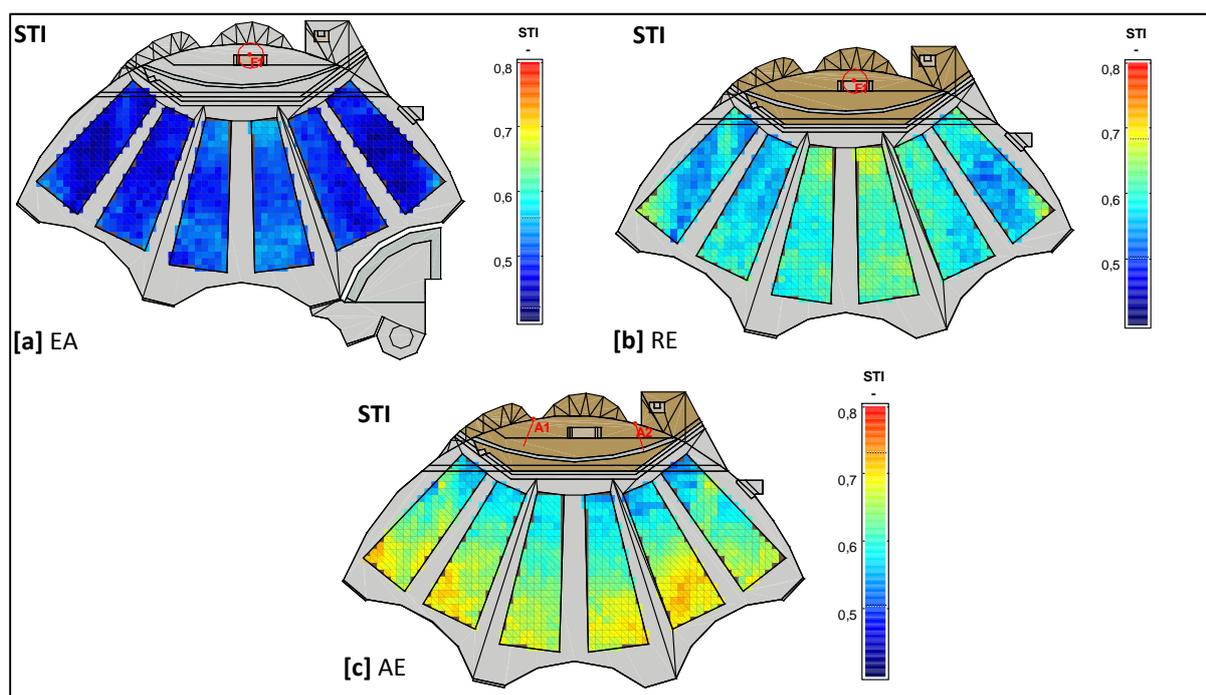


Figura 10 – Índice de transmisión de la palabra STI. Simulaciones estado actual (EA), propuesta de rehabilitación acústica (RE) y propuesta de rehabilitación acústica con apoyo electroacústico (AE). Iglesia ocupada, fuente altar o altavoces 1 y 2.

## 4 Conclusiones

La iglesia de Santa Ana de Moratalaz es una obra emblemática de la arquitectura española del s. XX donde se hace patente la preocupación de su autor por las cuestiones acústicas, logrando alcanzar unos objetivos acústicos acordes a los limitados medios de los que dispuso.

La consecución de estos propósitos, desde el punto de vista sonoro, fueron logrados utilizando una de las pocas herramientas de las que disponía como arquitecto: el diseño adecuado de la geometría y formas arquitectónicas, sin perder la finalidad de construir espacios de alto valor arquitectónico. La aplicación de sus conocimientos, en el caso de la iglesia de Santa Ana, dio lugar a una sala difusa, con distribución sonora muy homogénea y buena impresión espacial. Esto se pone de manifiesto en los parámetros que se han medido *in situ*.

Sin embargo, y aunque M. Fisac era consciente de ello, no consiguió aportar la necesaria absorción sonora que él hubiera deseado, al no poder emplear materiales absorbentes por razones económicas. Esta falta de absorción sonora da lugar a elevados tiempos de reverberación y, como consecuencia, una deficiente inteligibilidad de la palabra y claridad musical.

La propuesta de rehabilitación acústica consigue corregir estas deficiencias, introduciendo elementos absorbentes totalmente reversibles, y que no desvirtúan los aspectos espaciales, formales y materiales con que el arquitecto concibió el proyecto, siendo, a su vez, compatibles con su condición de edificio arquitectónicamente protegido.

Caso especial merece el Speech Transmission Index (STI) por el uso principal al que se destina el edificio. Aunque la introducción de las medidas correctoras mejoran la inteligibilidad de la iglesia en las dos configuraciones estudiadas, el empleo adicional del sistema de megafonía propuesto consigue poder calificar dicha inteligibilidad como buena, tanto en la iglesia vacía como ocupada por los fieles. Es en esta última configuración donde algunos valores de STI se sitúan en el umbral que permite calificar la inteligibilidad como excelente.

Este trabajo, además de demostrar la validez del método experimental y de la propuesta de rehabilitación arquitectónica, pretende dar una solución válida a un problema funcional del edificio con su uso habitual, pues podría implementarse en la realidad para mejorar las actuales condiciones acústicas de la iglesia.

### Agradecimientos

Los autores desean mostrar su agradecimiento al Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción (IUACC) por facilitar los recursos materiales, técnicos y humanos para la realización de las mediciones acústicas, así como al párroco P. Ángel Camino, y demás personal de la parroquia de Santa Ana, por su amabilidad y facilidades para la realización de las mismas, y a Jesús Calabria, de la empresa Geniux Audio, S.L., por su asesoramiento en los sistemas electroacústicos.

### Referencias

- [1] Fisac, M. Memoria del Proyecto de Complejo Parroquial de Santa Ana en Moratalaz, 1965, [en] Delgado, E. *Santa Ana de Moratalaz, 1965-1971. Miguel Fisac*, Colegio de Arquitectos de Almería, Almería, 2007, 88-93.
- [2] International Standard ISO 3382-1:2009(E). *Acoustics - Measurement of room acoustic parameters. Performance spaces*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland (2009).
- [3] Bueno, A.M.; León, A.L.; Galindo, M. La acústica en las iglesias postconciliares de Miguel Fisac: Santa Ana de Moratalaz. *Tecniacústica 2011 - 42º Congreso Español de Acústica*, Cáceres, 26-28 de octubre de 2011.
- [4] Bueno, A.M.; León, A.L.; Galindo, M. Simulación acústica de la iglesia de Santa Ana de Moratalaz. *ISVA 2011 - Seminario Internacional de Acústica Virtual*, Valencia, 24-25 de noviembre de 2011.
- [5] Galindo, M.; Zamarreño, T.; Girón, S. Acoustic simulations of Mudejar-Gothic churches, *J. Acoust. Soc. Am.* **126**(3), 2009, 1207-1218.
- [6] Knudsen, V.O.; Harris, C.M. *Acoustical Design in Architecture*, 5th Ed., Acoustical Society of America, New York, 1998
- [7] Vorländer, M. *Auralization, Fundamentals of Acoustics, Modelling, Simulation, Algorithms and Acoustic Virtual Reality*, Springer-Verlag, Berlin, 2008.
- [8] Cox, T.J.; D'Antonio, P. *Acoustic Absorbers and Diffusers. Theory, Design and Application*, Spon, London, 2004.
- [9] Harris, C.M. *Noise Control in Buildings*, McGraw Hill, New York, 1994.
- [10] <http://www.rockfon.es>, última visita 18/07/2012.
- [11] [http://www.gustafs.com/es/gustafs\\_32](http://www.gustafs.com/es/gustafs_32), última visita 18/07/2012.