

CÁMARA REVERBERANTE A ESCALA PARA EL ESTUDIO DE PANTALLAS ACÚSTICAS

Jesús Alba, Romina Del Rey, Francisco Arrebola, Laura Bertó, Carlos Hervás

Instituto Para la Gestión Integrada de las Zonas Costeras –IGIC. Escuela Politécnica Superior de Gandia.
Universitat Politècnica de València. C/ Paraninfo nº1, 46730. Grao de Gandia (Spain).
{ jesalba@fis.upv.es, roderey@doctor.upv.es, fraarba@gmail.com, lauberca@upv.es, carhergo@epsg.upv.es}

Resumen

La cámara reverberante es uno de los laboratorios acústicos más utilizados para determinar el coeficiente de absorción de materiales. Las características y dimensiones, tanto de la cámara como de las muestras sometidas a ensayo, vienen determinadas por diferentes normativas. La superficie de muestra para ensayos de absorción acústica es de entre 10 y 12 m². Sin embargo, a nivel de investigación de nuevos materiales apenas se dispone muchas veces de probetas menores de 1 m².

En este trabajo se diseña, se construye y se realiza una primera validación de una cámara reverberante a escala que permitirá conocer la absorción acústica de probetas de tamaño reducido. Estas probetas, elaboradas con muestras de tejido todavía en fase de investigación, podrán, en un futuro ser la base del diseño de pantallas acústicas.

Palabras-clave: absorción acústica, cámara reverberante a escala, pantallas acústicas.

Abstract

A reverberant chamber is a special laboratory which we can use to obtain the sound absorption coefficient of a material. The features and dimensions, both of the Chamber and of the samples under test, are defined in International Standards. The surface area of the material under test must be between 10 and 12m². However, in the research field, when new materials are being tested, is very difficult to have samples bigger than 1m².

The main objective of this work is to design, build and make a first validation of a reverberant chamber done to scale. This new laboratory done to scale will allow know the sound absorption coefficient of samples of small size. Samples which were analyzed in this work were made up with woven still in research phase. These samples could be in the future the bases to design acoustic barriers.

Keywords: Acoustic absorption, reverberant chamber done to scale, acoustic barriers.

PACS no. 43.58 Acoustical measurement and instrumentation

1 Introducción

La cámara reverberante es uno de los laboratorios acústicos más utilizados para determinar el coeficiente de absorción de materiales y dispositivos, o para ensayar la potencia acústica radiada por diferentes emisores. Las características y dimensiones vienen determinadas por diferentes normativas. En el caso en concreto de ensayos del coeficiente de absorción, las dimensiones de las cámaras reverberantes construidas conforme a la norma necesitan superficies de materiales de entre 10 y 12 m², en función del volumen de éstas. Sin embargo, a nivel de investigación de nuevos materiales acústicos, en la mayoría de los casos sólo se dispone de pequeñas probetas que no llegan en muchos casos ni al metro cuadrado.

Este es el problema que nos encontramos en el proyecto europeo LIFE (LIFE09 ENV/ES/461) NOISEFREETEX [1], donde este trabajo se ubica. En él se pretende reducir la contaminación acústica en zonas industriales cercanas a zonas urbanas a través de tejidos fabricados a partir de materiales textiles reciclados.

En este proyecto debe trabajarse en la valoración de la idoneidad acústica y para ello deben realizarse pruebas sobre la capacidad de absorción acústica de los materiales primarios, así como de los tejidos desarrollados a partir de estos materiales. Dado que no es sencillo fabricar grandes cantidades cuando se habla de nuevos productos a nivel de laboratorio, se ha planteado el “encoger” el recinto de ensayo para que se adapte a los tamaños medios de las probetas que se dispondrán en este proyecto.

En este trabajo se realiza el planteamiento y el diseño desde diferentes puntos de vista y distintas condiciones de una cámara reverberante a escala, para su paso posterior a fabricación y prevalidación final con ensayos comparativos con la cámara reverberante a escala real.

2 Diseño del prototipo de cámara reverberante a escala

2.1 Decisiones sobre la forma de la cámara reverberante a escala

El diseño y dimensionado de la cámara reverberante a escala se inspira originalmente en una cámara real, la cámara reverberante de la Escuela Politécnica Superior de Gandía (EPSG), que ya cumple con las condiciones de ensayo de absorción acústica según la normativa UNE-EN ISO 354:2004 [2] o de la normativa de medición de potencia acústica según UNE EN ISO 3741:2010 [3]. No obstante, se ha considerado la necesidad de variar el diseño para intentar mejorar la difusión. Más concretamente, para llevar a cabo el diseño se han seguido las pautas marcadas en la normativa UNE-EN ISO 354:2004 [2] y en el anexo D (informativo) de la normativa UNE EN ISO 3741:2010 [3], donde se especifican una serie de directrices para el diseño de cámaras reverberantes. Además, dadas las características del proyecto de investigación donde se ubica, debe revisarse también la norma UNE EN 1793-1:1998 sobre absorción sonora de pantallas acústicas. En la figura 1 se muestran las dimensiones interiores y exteriores decididas finalmente.

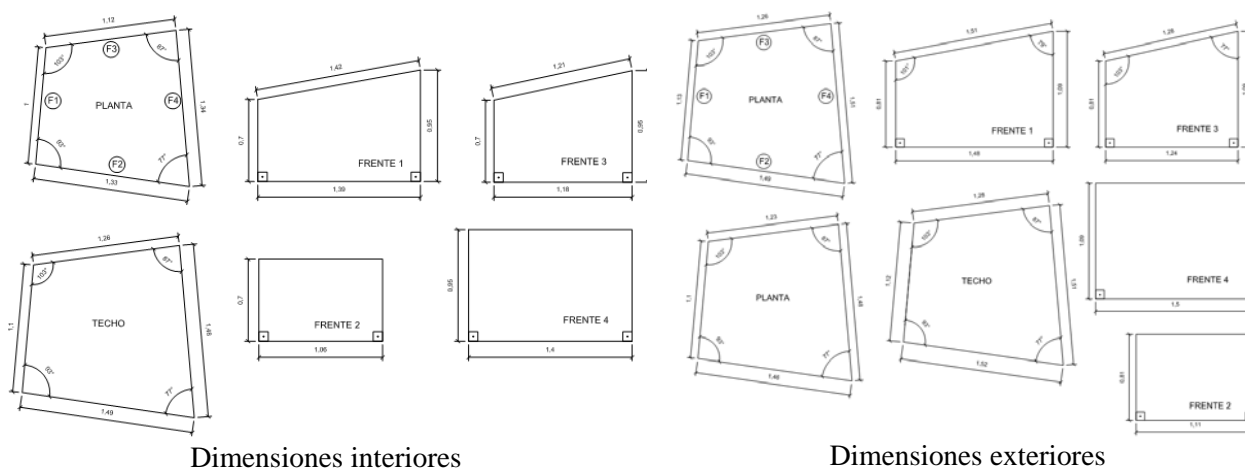
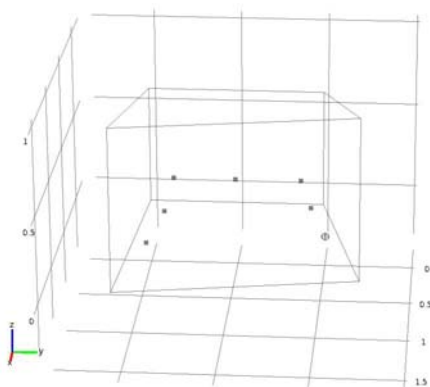
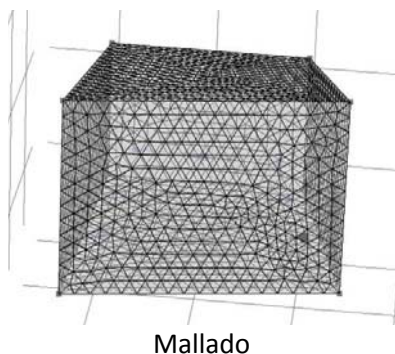


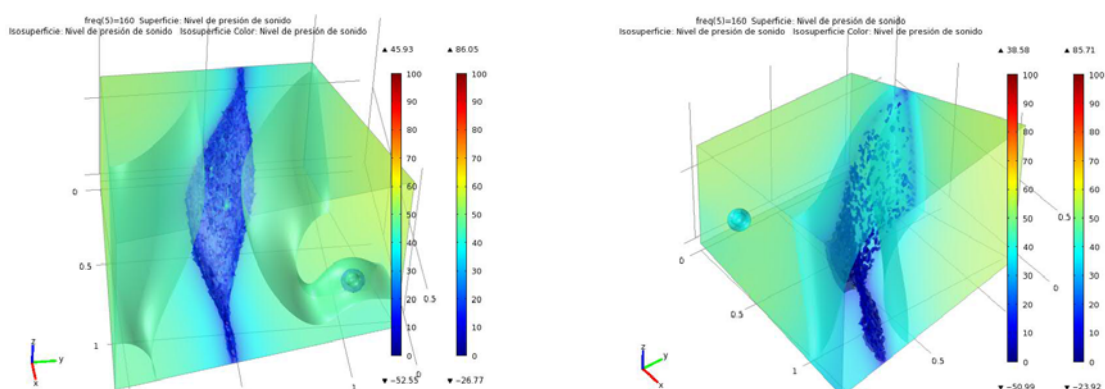
Figura.2.: Dimensiones de la cámara reverberante a escala

2.2 Modelado numérico del interior

Para valorar su comportamiento se ha utilizado el método de los elementos finitos. El método de los elementos finitos propone fragmentar el sistema en elementos menores, enlazando los resultados obtenidos para cada elemento y así poder lograr la solución del sistema original. Para el caso particular que se plantea se ha realizado la caracterización de la cámara reverberante a escala en tres dimensiones por medio del método descrito en las líneas anteriores. Para la simulación se han escogido dos posiciones de fuentes y seis posiciones de micrófono para cada fuente. Se obtiene el nivel de presión sonora para cada micrófono. La malla creada para la simulación tiene un tamaño de 0.075 metros y 0.001metros como tamaño máximo y mínimo de elemento. En la figura 2 se muestra un detalle de mallaado y algunas capturas de niveles de presión sonora.



Detalles posición de micrófonos y fuente 1



Niveles de presión sonora-posición de fuente 1

Niveles de presión sonora-posición de fuente 2

Figura 2. Detalles de la simulación por FEM

2.3 Decisiones sobre el aislamiento y acondicionamiento acústico

Para la fabricación de la cámara reverberante debe tenerse en cuenta que su interior debe estar compuesto por superficies lo suficientemente duras y reflectantes, como para conseguir los objetivos de difusión y largos tiempos de reverberación que se describen en las distintas normas a las que se hace referencia a lo largo del estudio. Es importante que el coeficiente de absorción de las paredes interiores sea lo suficientemente bajo. Además, también debe contemplarse el uso de un material o combinaciones de materiales que aislen lo suficiente los ruidos generados en el exterior. A partir de aquí, se estudian varias combinaciones para la realización de los frentes, suelo y techo de la cámara reverberante a escala.

En primera instancia se plantea la posibilidad de realizar la cámara con paneles sándwiches. La esencia de estos es básicamente una lámina de aluminio de poco espesor en el exterior y un núcleo absorbente. Fue desestimada por la dificultad que provoca el ejecutar ángulos no rectos en un material prefabricado y no asegurar el hermetismo de la cámara. Descartada esta línea, se plantea la realización de la cámara a partir de paneles tipo “composite”. La opción elegida estaba compuesta por láminas de aluminio de espesor reducido en sus extremos y un núcleo de lámina de LPDE, polietileno de baja densidad de la familia de los polímeros olefínicos y conformado termoplástico por unidades sucesivas de etileno. Este elemento no acaba de garantizar el aislamiento acústico respecto al exterior. Por último se plantea realizar la cámara utilizando tabiques ligeros autoportantes revestidos interiormente con paneles de aluminio. Dentro de esta opción, se estudiaron dos posibilidades; placa de yeso laminado de 1.5cm de espesor, núcleo absorbente de 4cm de espesor a base de fibras termofusionadas (lana de poliéster [5]) y placa de composite de 4mm (de exterior a interior), o bien, una composición similar a la descrita anteriormente, pero colocando una placa de yeso laminado antes de colocar la placa de composite (en el interior). Estando este último, unido a la placa de yeso laminado por medio de silicona estructural, asegurando la unión entre ambos materiales. Se decide finalmente escoger la composición que recoge de exterior a interior, esto es, placa de yeso laminado, núcleo absorbente de 4 cm de espesor de fibras termofusionadas, placa de yeso laminado y revestido interiormente con placa de composite de 4mm, por su menor absorción acústica como veremos a continuación.

Aparte de los detalles de diseño que se especifican en las normativas, para el proceso constructivo de la cámara reverberante es importante tener en cuenta una serie de detalles de ejecución, de manera que se asegure y consiga un producto final en el que los resultados de los estudios que se realicen sean lo más fehacientes posible. Con el fin de reforzar la zona inferior de la cámara reverberante a escala,

tanto para su estabilidad ante su propio peso como ante el de una carga adicional como puede ser la de una persona, se debe realizar con doble capa de yeso laminado en el exterior. También es importante reforzar la estructura portante con más montantes de los recomendados en la construcción con yeso laminado para asegurar tal fin. Por otro lado, ante la necesidad de que la cámara reverberante sea móvil, se deben colocar unas ruedas anti vibración en el rango de ensayo con el fin de evitar la transmisión de cualquier tipo de ruido al interior por medio de la estructura. Para la colocación de estas ruedas, se debe utilizar unos tableros de madera de 200x200mm con un espesor de 20mm, atornilladas en el alma de la estructura portante. Cada una en una esquina.

Otro punto a tener en cuenta es como conectar el equipo de medición, altavoz y micrófonos. Para tal fin, se opta desde un principio por la colocación de un tubo corrugado flexible que conecte interior con exterior, por donde se introducirán los cables necesarios para llevar a cabo los ensayos correspondientes. Este tubo es de plástico corrugado, fijado en sus extremos con espuma de poliuretano de modo que dicha fijación sea fiable y duradera.

Para asegurar un entorno de medida seguro ante posibles fugas, se debe prever el sellado de las juntas entre el revestimiento interior. Este sellado, se ha llevado a cabo mediante una silicona estructural nada porosa. Característica que nos asegura una mayor hermeticidad. Asimismo, continuando con la práctica por conseguir una mayor hermeticidad tanto en la zona de la compuerta como en el bastidor que la recoge, se debe colocar una lámina elástica autoadhesiva de porosidad baja, de manera que permita el cierre pero que a su vez no permita la existencia de fugas.

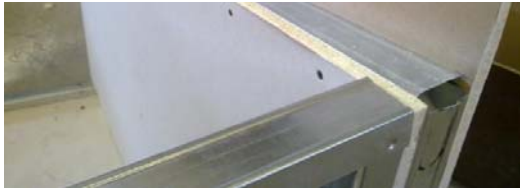
Del mismo modo, se ha colocado como revestimiento exterior de la compuerta una lámina de aluminio con una superficie mayor que el hueco practicable. Así se consigue un solapamiento que dificulta las posibles fugas que puedan existir.

2.4 Construcción del prototipo

Previo al corte de la primera placa de yeso laminado para comenzar la construcción, se realizó un replanteo de cada una de los frentes internos que conformarían la cámara. Este replanteo se hizo sobre las placas de yeso laminado, para acto seguido cortar y obtener cada frente. Una vez realizado este paso, se procede con el montaje de la base. Tras su ejecución, se fijan las ruedas a la parte inferior y se presenta en el suelo para tener una mayor facilidad de trabajo. En la figura 3 puede observarse un estado avanzado de la cámara donde están colocados varios frentes. También se observa la estructura de la cámara aun sin colocar el material absorbente. En la figura 4 se observan varios detalles de unión donde se aprecia el sistema de fijación. En la figura 5, la colocación del material absorbente. En la figura 6, diferentes pasos de montaje. En la figura 7, el revestimiento interior. En la figura 8, detalle de la puerta y cámara final. En la figura 9, fotografías de la cámara ya construida.



Figura 3. Construcción de la cámara reverberante a escala. Montaje de suelo y paredes.



Detalle encuentro en esquina



Detalle sección de un frente

Figura 4. Detalles de encuentro



Figura 5. Detalle colocación de la lana de poliéster.



Figura 6. Detalles de montaje del bastidor

Una vez cerrado todo el volumen a excepción de un frente. Falta el revestimiento interior.



Figura 7. Detalle cámara reverberante a escala a falta del cierre lateral.



Fig. 8. Detalle compuerta y cámara terminada.



Figura 9. Cámara final

3 Resultados

Para iniciar la valoración de la cámara se plantea el ensayo de la absorción acústica de lana de poliéster de distintas densidades según norma UNE EN ISO 354:2004. Estos se especifican en la tabla 1. La dimensión de las muestras, después del escalado, es de 0.75×0.40 m, con una superficie de 0.30m^2 .

Material	Espesor
400 g/m ²	40mm
800 g/m ²	40mm
1400g/m ²	40mm

Tabla 1: Características de los materiales absorbentes utilizados.

A continuación se presentan los resultados del coeficiente de absorción acústica. En la figura 10 se muestra el material de 400 g/m² tanto en cámara reverberante a escala como el ensayo realizado en la cámara reverberante de la EPSG. En la figura 11 se comparan resultados para 800 g/m² y en la figura 12 para 1400 g/m².

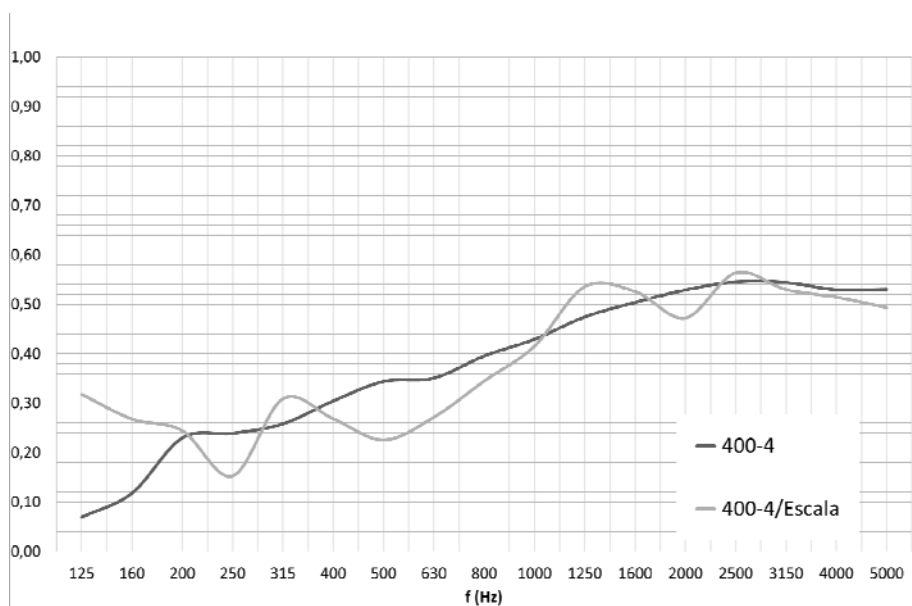


Figura 10. Comparativa de ensayo de lana de poliéster de 400g/m² y 4 cm de espesor.

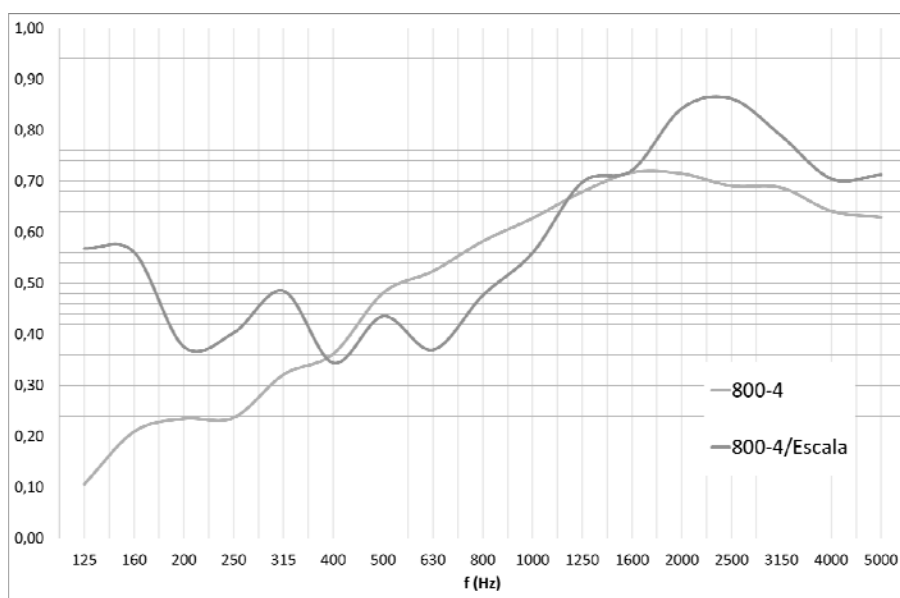


Figura 11. Comparativa de ensayo de lana de poliéster de 800g/m² y 4 cm de espesor

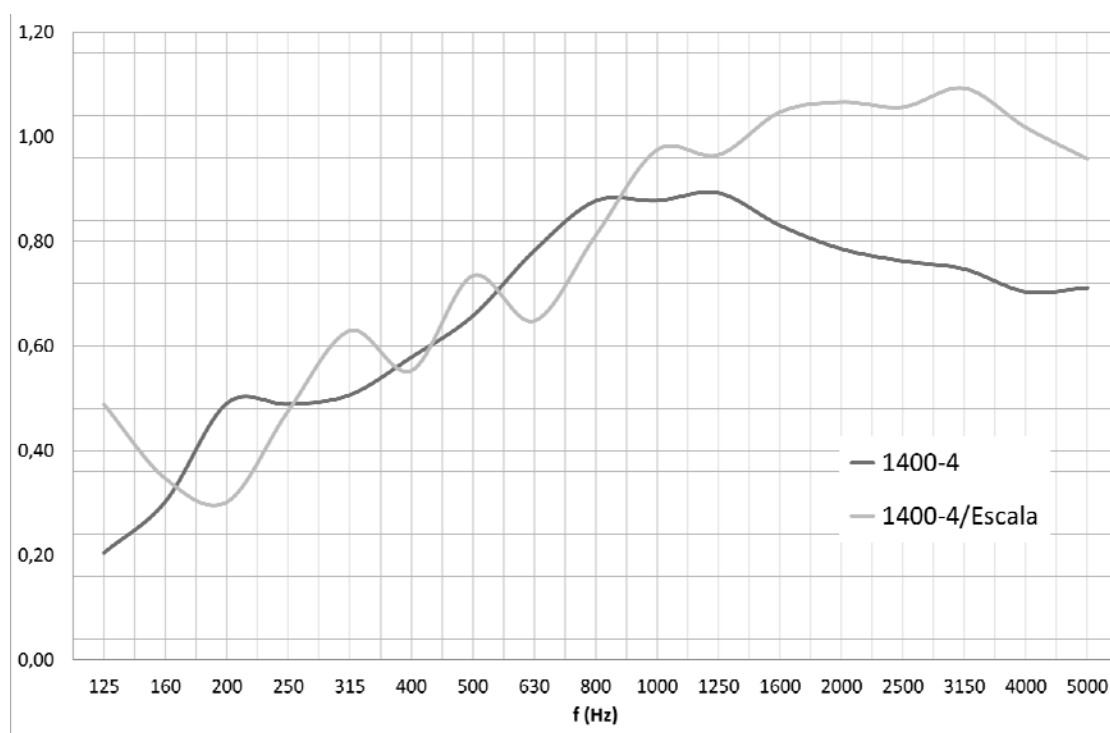


Figura 12. Comparativa de ensayo de lana de poliéster de 1400g/m² y 4 cm de espesor.

4 Conclusiones

En el desarrollo de este trabajo se detalla el proceso de diseño y caracterización de una cámara reverberante a escala, con un factor 1:6 respecto a la cámara de la EPSG tomada como referencia. Para ello se han tenido en cuenta las normas de ensayo de interés, condiciones geométricas para aumentar la difusión, condiciones de aislamiento y acondicionamiento acústico, detalles constructivos, etc. También se han mostrado los primeros resultados de ensayos comparativos entre la cámara a escala y la cámara reverberante de la EPSG.

Estos primeros datos muestran varias cosas. En primer lugar, se ve la coherencia del aumento de absorción conforme se aumenta la densidad del material. También puede observarse cierto grado de ajuste de los datos al comparar con los ensayos en cámara reverberante real, en el rango de frecuencias donde existe una distribución de modos propios suficiente.

Sin embargo, hay ciertas cuestiones a mejorar. Las curvas obtenidas muestran ciertas oscilaciones. Esto puede ser debido a una falta de difusión. Esto habrá que mejorarlo en futuros ensayos. Además puede verse cómo los datos de absorción en la cámara reverberante a escala son superiores al modelo real. Esto es debido a que no se tuvo la precaución de medir utilizando bastidores en el interior de la cámara a escala. Este defecto debe subsanarse con el diseño de bastidores de pequeño tamaño que se ajusten a las condiciones de ensayo.

En principio podemos concluir en que la cámara reverberante a escala, tiene un diseño correcto basado en la norma UNE EN ISO 354:2004 [1], en la que poder realizar distintas mediciones previas a la cámara reverberante con un buen grado de validez. Estos resultados serán orientativos al

comportamiento real de los materiales a utilizar, siendo necesaria la medición final de estos en la cámara reverberante a tamaño real. No obstante, nos permitirá realizar una primera criba en la que se descarten materiales con un bajo rendimiento en lo que a la absorción sonora respecta.

A continuación se proponen una serie de propuestas enfocadas a futuras líneas de investigación:

1. Mejora de la difusión de la cámara reverberante a escala mediante el diseño y estudio de difusores acústicos a escala.
2. Estudio de distintas combinaciones de materiales absorbentes con distintas densidades y espesores para la mejora del coeficiente de absorción de pantallas acústicas.

El desarrollo de estos dos puntos se puede plantear desde el punto de vista de la simulación mediante modelado numérico en 3D, donde se introduzca, tanto los difusores diseñados como las pantallas con las distintas combinaciones de materiales, dentro del diseño de la cámara reverberante a escala y conocer de este modo, los niveles de potencia sonora con la diferencia de niveles de potencia sonora recogidos en su interior.

Agradecimientos

This project counts on the contribution of financial instrument LIFE of the European Union. Project LIFE09 ENV/ES/461: NOISEFREETEX-“DEMONSTRATIVE SOLUTIONS TO REDUCE NOISE POLLUTION IN INDUSTRIAL AREAS, USING FINISHING TECHNOLOGIES IN TEXTILE MATERIALS”



Referencias

- [1] <http://noisefreetex.aitex.net/>
- [2] UNE EN-ISO 354:2004. Acústica. Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante.
- [3] UNE EN-ISO 3741:2010. Acústica. Determinación de los niveles de potencia acústica de las fuentes de ruido a partir de la presión acústica.
- [4] UNE EN 1793-1:1998. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Métodos de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 1: Características intrínsecas relativas a la absorción sonora.
- [5] Del Rey R, Alba J, Ramis J, Sanchís VJ. New absorbent acoustic materials from plastic bottle remnants. Mater Constr 2011;61:547–58.