



REDES DE
INVESTIGACIÓN
E INNOVACIÓN
EN DOCENCIA
UNIVERSITARIA

VOLUMEN
2019

XARXES D'INVESTIGACIÓ I
INNOVACIÓ EN DOCÈNCIA
UNIVERSITÀRIA

VOLUM 2019

Roig Vila, R. (Coord.)
Lledó Carreres, A.
Antolí Martínez, J.M.
Pellín Buades, N. (Eds.)

Redes de Investigación e Innovación en Docencia Universitaria. Volumen 2019

ROSABEL ROIG-VILA (COORD.),
JORDI M. ANTOLÍ MARTÍNEZ, ASUNCIÓN LLEDÓ CARRERES & NEUS PELLÍN BUADES
(EDS.)

Redes de Investigación e Innovación en Docencia Universitaria. Volumen 2019

Edició / Edición: Rosabel Roig-Vila (Coord.), Jordi M. Antolí Martínez, Asunción Lledó Carreres & Neus Pellín Buades (Eds.)

Comité editorial internacional:

Prof. Dr. Julio Cabero Almenara, Universidad de Sevilla

Prof. Dr. Antonio Cortijo Ocaña, University of California at Santa Barbara

Prof. Dr. Ricardo Da Costa, Universidade Federal Espiritu Santo, Brasil

Prof. Manuel León Urrutia, University of Southampton

Prof. Dr. Enric Mallorquí-Ruscalleda, Indiana University-Purdue University, Indianapolis

Prof. Dr. Santiago Mengual Andrés, Universitat de València

Prof. Dr. Fabrizio Manuel Sirignano, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli

Prof. Dr. Alexander López Padrón, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

Revisió i maquetació: ICE de la Universitat d'Alacant/ Revisión y maquetación: ICE de la Universidad de Alicante

Revisora tècnica/ Revisora técnica: Neus Pellín Buades

Primera edició: novembre 2019

© De l'edició/ De la edición: Rosabel Roig-Vila, Jordi M. Antolí Martínez, Asunción Lledó Carreres & Neus Pellín Buades

© Del text: les autores i autors / Del texto: las autoras y autores

© D'aquesta edició: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / De esta edición: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante

ice@ua.es

ISBN: 978-84-09-07186-9

Qualsevol forma de reproducció, distribució, comunicació pública o transformació d'aquesta obra només pot ser realitzada amb l'autorització dels seus titulars, llevat de les excepcions previstes per la llei. Adreceu-vos a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necessiteu fotocopiar o escanejar algun fragment d'aquesta obra. / Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Producció: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / Producción: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante

EDITORIAL: Les opinions i continguts dels textos publicats en aquesta obra són de responsabilitat exclusiva dels autors. / Las opiniones y contenidos de los textos publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de los autores.

21. Desarrollo de una plataforma experimental transversal para el itinerario de Ingeniería Acústica del Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación

Carbajo, Jesús¹; Ramis, Jaime¹; Hidalgo, Antonio¹; Méndez, David¹; Poveda, Pedro¹; Navarro-Fuster, Víctor¹; Onrubia, Lucas¹; Blanco, Pedro¹; Mestre, Aina¹; Sánchez, Francisco¹

¹Universidad de Alicante, {jesus.carbajo; jramis; antonio.hidalgo; david.mendez; pedro.poveda; victor.navarro}@ua.es; {lof2; pabh1; ams211; fsa23}@alu.ua.es

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados correspondientes a una red de investigación que se enmarca en el Itinerario de Ingeniería Acústica (IIA) del Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación (GISIT) de la Universidad de Alicante. Dicha red ha permitido diseñar y fabricar una plataforma experimental modular que sirva como vehículo de aprendizaje de aquellos conceptos comunes a las asignaturas que componen dicho itinerario, poniendo en valor la utilidad de herramientas que faciliten la docencia transversal dentro de la disciplina de Ingeniería Acústica. En concreto, dicha plataforma modular ha permitido presentar al alumnado los distintos procedimientos para la caracterización en laboratorio de materiales acústicos. Para evaluar la funcionalidad de la misma, se presentaron aquellos métodos más adecuados al contenido de cada una de las asignaturas en la sesión de prácticas correspondiente, realizando un ejercicio práctico al alumnado que incluía una encuesta. La red ha permitido al profesorado conocer aquellos conceptos que deben reforzarse en cada caso y qué métodos pueden resultar de mayor interés para el alumnado, además de generar una herramienta que sirva de nexo de unión entre las distintas asignaturas del IIA del GISIT.

PALABRAS CLAVE: docencia transversal, acústica, caracterización de materiales, plataforma experimental.

1. INTRODUCCIÓN

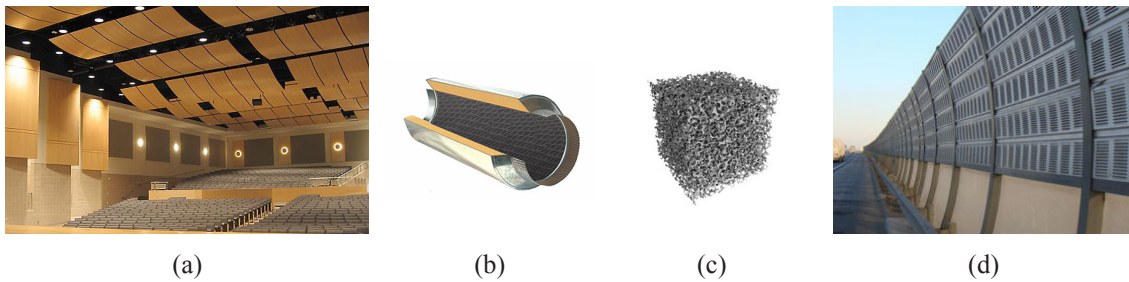
La Universidad de Alicante viene ofreciendo una formación vinculada a la Ingeniería Acústica en los distintos formatos de Diplomatura (2001-2016) y Grado (2012-fecha) en Sonido e Imagen que contempla el espacio de educación superior español. El objetivo de dichas titulaciones desde entonces ha sido la formación de profesionales con capacidades para desempeñar actividades y realizar

proyectos en la disciplina de acústica a través de sus respectivos itinerarios de especialización. En concreto, el Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación (GISIT) que se imparte actualmente ofrece un Itinerario de Ingeniería Acústica (IIA) que constituye, junto al de Tecnología Audiovisual, uno de los dos itinerarios de especialización a los que puede optar el alumnado de dicha titulación. En este contexto, miembros del Grupo de Acústica Aplicada de la Universidad de Alicante ha considerado de gran interés, no solo para la docencia sino también para la proyección de dichas titulaciones, el desarrollo de una red que reforzase la formación de dicho itinerario. Específicamente, dicha red se ha centrado en potenciar los conocimientos relativos a aquellos ensayos, técnicas y métodos existentes en la literatura científica de caracterización de materiales acústicos, así como de los procedimientos normativos nacionales e internacionales en los que éstos vienen recogidos. Estos conocimientos son de gran importancia para la realización de mediciones según las especificaciones y los reglamentos de obligado cumplimiento correspondientes, además de servir para mejorar la comprensión y consolidación de aquellos conceptos que sustentan el ejercicio profesional de los futuros ingenieros en acústica. Para ello se ha desarrollado una plataforma experimental que ha servido tanto de vehículo común de aprendizaje como de nexo de unión entre las distintas asignaturas que conforman dicho itinerario. Este trabajo presenta el diseño y desarrollo de dicha plataforma, así como los resultados correspondientes al proceso mediante el cual se ha evaluado el conocimiento adquirido por el alumnado de esta experiencia.

2. OBJETIVOS

Como se ha mencionado anteriormente, el principal objetivo de la red cuyos resultados se presentan en este trabajo ha sido desarrollar un entorno de trabajo que sirviese de nexo de unión entre las distintas asignaturas del IIA del GISIT, a enumerar: Diseño Acústico de Recintos (DAR), Vibroacústica (VIB), Ultrasonidos y Aplicaciones (UYA), y Acústica Medioambiental (AM). Para ello se ha desarrollado una plataforma modular que permite disponer de una configuración experimental adaptada a la finalidad perseguida en el bloque temático correspondiente de cada asignatura. Específicamente, dicha plataforma permite: (1) determinar el rendimiento en términos de absorción y transmisión sonora de materiales utilizados comúnmente en recintos acústicos (DAR); (2) obtener las propiedades acústicas intrínsecas de los mismos para analizar su influencia al utilizarse en sistemas vibroacústicos (VIB); (3) realizar una comparativa con otras técnicas ultrasónicas empleadas habitualmente para la caracterización micro-estructural de materiales (UYA); y (4) medir parámetros acústicos de utilidad en la realización de proyectos de evaluación acústica medioambiental (AM). La Figura 1 muestra algunos ejemplos de cada una de estas aplicaciones.

Figura 1. Ejemplos de aplicaciones de la plataforma desarrollada según asignaturas: (a) Auditorios (DAR); (b) Silenciadores (VIB); (c) Análisis micro-estructural (UYA); y (d) Barreras acústicas (AM).



Adicionalmente, se han perseguido los siguientes objetivos específicos:

- Proporcionar al profesorado del IIA del GISIT una plataforma experimental de apoyo para reforzar conceptos comunes y/o específicos relativos a la caracterización de materiales acústicos en las asignaturas que conforman dicho itinerario.
- Acercar al alumnado a los métodos y ensayos normativos comúnmente empleados para dicha caracterización en las distintas disciplinas que se encuentran dentro del campo de la Ingeniería Acústica.
- Ofrecer un escenario modular que permita enseñar diferentes procedimientos en una misma sesión de clase o en sesiones independientes que puedan efectuarse simultáneamente, ofreciendo así un mayor nivel de formación.

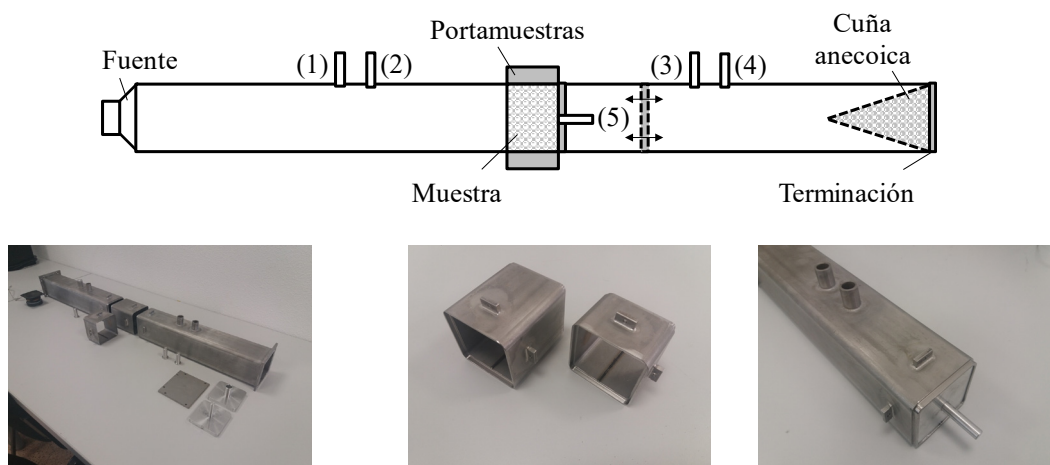
3. MÉTODO

En primer lugar, se presentó al alumnado de cada una de las asignaturas que conforman el IIA la plataforma experimental y procedimientos de medida que se describirán a continuación. Seguidamente, se realizó una demostración del funcionamiento de la misma para una serie de materiales, haciendo especial énfasis en el rango de aplicaciones prácticas de los mismos. Una vez presentados en la sesión de prácticas correspondiente a cada asignatura, se evaluó la funcionalidad de la plataforma realizando al alumnado un ejercicio práctico que incluía una encuesta (Anexo 7.1). Posteriormente se realizó una puesta en común entre el profesorado responsable de cada asignatura de dicha experiencia, discutiendo aquellos conocimientos que deben reforzarse en cada caso y qué métodos resultan de mayor interés para dicho fin.

La plataforma experimental modular diseñada y fabricada integra los distintos procedimientos normativos (nacionales e internacionales) y no normativos en tubo de impedancia acústica comúnmente empleados para la caracterización de materiales acústicos (Cox y D'Antonio, 2009). Dado su carácter modular, fue necesario llevar a cabo un análisis previo de los requisitos de cada uno de los procedimientos de medida, analizando también los del diseño global. Una vez fabricado y montado, se procedió al calibrado y puesta a punto todos los elementos que conforman la plataforma experimental, siendo para ello de gran utilidad disponer de instrumentación de apoyo (micrófonos,

cableado, sistema de adquisición...) del Grupo de Acústica Aplicada de la Universidad de Alicante. La Figura 2 muestra una representación esquemática de la plataforma desarrollada, así como unas fotografías de los elementos que conforman la misma. Las especificaciones relativas a la geometría de estos elementos se recogen en el Anexo 7.2.

Figura 2. Plataforma experimental modular desarrollada para la caracterización de materiales acústicos: (superior) representación esquemática; y (inferior) fotografías de los elementos que la conforman.



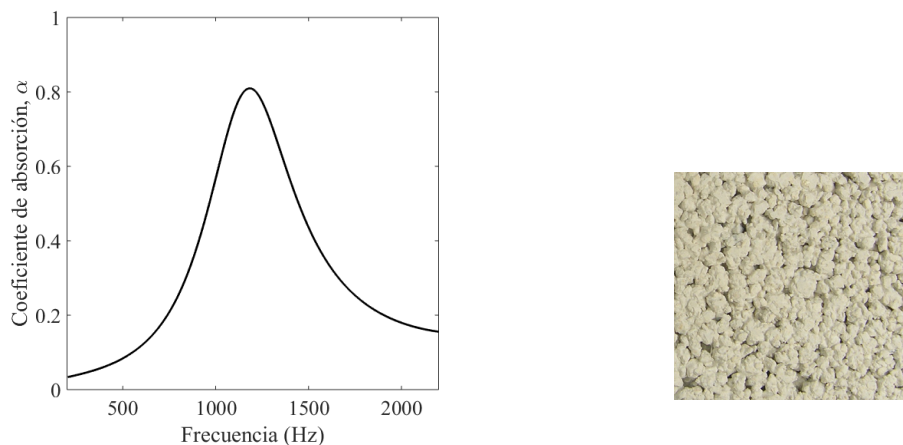
Básicamente, la plataforma consiste en dos tubos de acero de sección transversal cuadrada acoplados mediante un porta-muestras en el que se ubica el material a caracterizar. Para ello se dispone un altavoz en uno de los extremos del también denominado tubo de impedancia y, dependiendo del parámetro acústico del material que se quiera determinar, se ubican una serie de micrófonos y elementos accesorios en distintas posiciones previamente seleccionadas en la fase de diseño. Así, a partir de la señal acústica recibida en estos micrófonos cuando con el altavoz se emite una señal denominada ruido blanco es posible determinar los diferentes parámetros acústicos del material. A continuación, se describen brevemente los diferentes métodos de medida que permite implementar la plataforma desarrollada.

3.1. UNE-EN ISO 10534-2

El primer método es uno de los más empleados en la disciplina de caracterización de materiales acústicos y sirve para determinar la impedancia acústica y el coeficiente de absorción sonora de un material. Estos parámetros permiten cuantificar la energía acústica absorbida por un material (que no se refleja) cuando sobre éste incide una onda y así escoger entre un tipo u otro en función de las necesidades de un determinado problema de ruido bajo estudio. Resulta pues de gran utilidad y especial interés en varias de las aplicaciones que se mencionaban en la sección anterior (ver Figura 1). El procedimiento para llevar a cabo la medida correspondiente viene recogido en la normativa UNE-EN ISO 10534-2 (UNE-EN ISO 10534-2, 2002) y utiliza las posiciones de micrófono (1) y

(2) del esquema de la Figura 2, colocando además un elemento rígido en la parte posterior del portamuestras (detrás de la muestra a caracterizar). La Figura 3 muestra una gráfica típica del coeficiente de absorción sonora en función de la frecuencia obtenido según este procedimiento para una muestra de hormigón ligero.

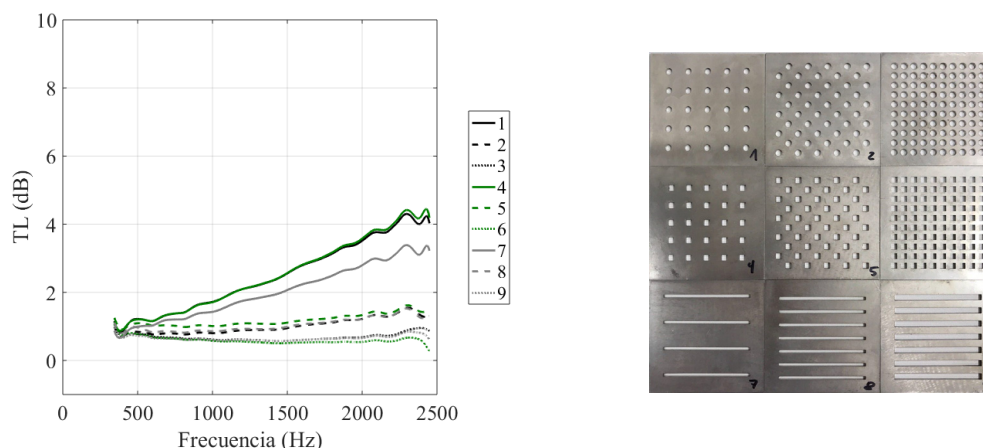
Figura 3. Curva típica del coeficiente de absorción sonora en función de la frecuencia obtenido según la UNE-EN ISO 10534-2 (izquierda) para un hormigón ligero poroso (derecha).



3.2. ASTM E2611-09

El procedimiento de la normativa ASTM E2611 (ASTM E2611, 2017) permite obtener las pérdidas por transmisión de un material. A diferencia del método anterior, permite estudiar la relación entre la energía acústica de una onda incidente y la transmitida a través del material, sirviendo por tanto como un indicador del aislamiento acústico del mismo. En este caso se retira el elemento rígido de detrás de la muestra de material y se realizan medidas en cuatro posiciones de micrófono (posiciones (1) a (4) de la Figura 2) para dos terminaciones diferentes del sistema de medida completo: rígida y anecoica (o absorbente). La Figura 4 muestra una gráfica de las pérdidas por transmisión en función de la frecuencia obtenidas con la plataforma desarrollada para las láminas perforadas que se muestran en la misma figura.

Figura 4. Gráfica de las pérdidas por transmisión en función de la frecuencia obtenidas con la plataforma desarrollada según la ASTM E2611 (izquierda) para diferentes tipos de láminas perforadas (derecha).



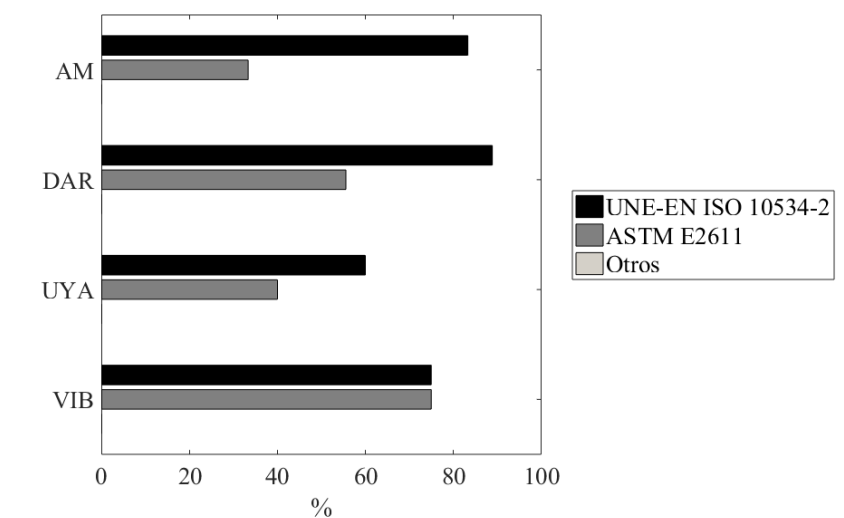
3.3. Otros métodos: método de dos cavidades y método de tres micrófonos

Si bien los dos métodos que se describen a continuación no vienen recogidos en ninguna normativa, constituyen herramientas de gran utilidad para obtener las propiedades acústicas intrínsecas de un material, denominadas impedancia característica y número de onda. Estas propiedades permiten a su vez determinar cualquiera de los parámetros obtenidos con los procedimientos descritos anteriormente. Se consideró por tanto de gran interés acercar estos métodos al alumnado no solo por su versatilidad, sino también por su facilidad de implementación. El primero de ellos se denomina Método de dos cavidades, y fue propuesto por Utsuno *et al.* (Utsuno et al., 1989). El método consiste en aplicar el procedimiento de la UNE-EN ISO 10534-2 para dos configuraciones del material: sin y con cavidad posterior. A partir de los datos de medida y con unas sencillas fórmulas se obtiene directamente las propiedades mencionadas anteriormente. El otro procedimiento es el Método de tres micrófonos (Salissou y Panneton, 2010). Nuevamente, se trata de una variante del método descrito en la UNE-EN ISO 10534-2 pero en la que se emplea un tercer micrófono colocado rasante con la superficie posterior de la muestra (posición (5) del esquema de la Figura 2). Así, realizando una serie de cálculos sencillos se obtienen las propiedades acústicas del material bajo estudio.

4. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados de la encuesta (Anexo 7.1) que se realizó al alumnado una vez finalizada la demostración y ejercicio práctico correspondiente. En primer lugar, se presentan unos gráficos estadísticos (Figura 5) con el porcentaje de alumnado por cada asignatura que tenía conocimiento de alguno de los procedimientos descritos en la sección anterior.

Figura 5. Estadística del porcentaje de alumnado de cada asignatura que conocía los métodos que permite implementar la plataforma desarrollada.

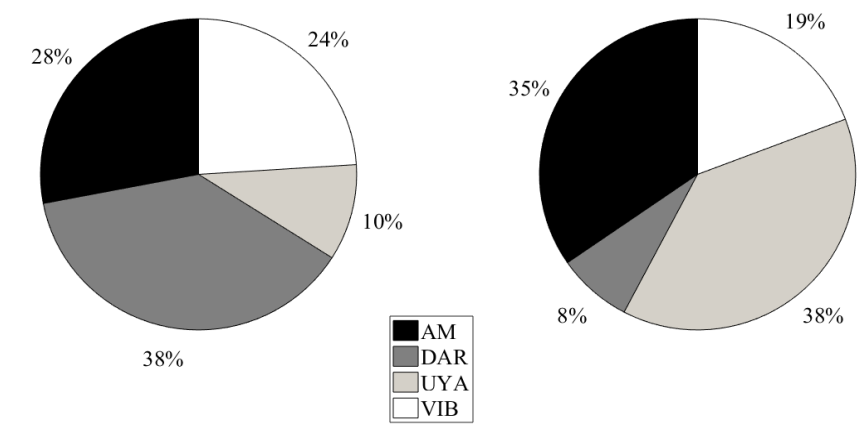


A la vista de los resultados se puede apreciar que el procedimiento más conocido en todas las asignaturas es el de la normativa UNE-EN ISO 10534-2 para determinar la absorción acústica de un material. Si bien en menor medida algunos alumnos también tenían constancia del método de la ASTM E2611 para obtener las pérdidas por transmisión. Es destacable que ninguno conociese alguno de los métodos alternativos, siendo éste un indicador de la posible necesidad de incorporarlo a la docencia, no solo por su versatilidad sino también por su complementariedad con los dos anteriores (ver Sección 3.3).

A este respecto, la mayor parte del alumnado ha considerado todos los métodos de gran utilidad por sus ventajas en términos de coste y simplicidad respecto a otros procedimientos (p. ej. el método de medida en cámara reverberante) que han estudiado en asignaturas afines (p. ej. Acondicionamiento y Aislamiento Acústico) de cursos anteriores. Además, han resaltado la ventaja de disponer de forma sencilla de datos medidos de un material para poder utilizarlo en herramientas de simulación que permitan predecir su efecto en un recinto acústico, por ejemplo. Por otra parte, la mayoría de ellos ha considerado el método de la UNE-EN ISO 10534-2 el más sencillo y los métodos alternativos los más complejos, siendo también estos últimos valorados como los más interesantes. Cabe enumerar también algunas de las aplicaciones propuestas por el alumnado y que ponen en valor la utilidad de la plataforma: estudio de materiales absorbentes porosos, caracterización de estructuras, determinación de parámetros elásticos de forma indirecta, análisis de pavimentos, elementos que conforman las barreras acústicas, o mobiliario urbano, estudio de componentes de vehículos rodados, aviones o barcos...

En la Figura 6 se muestra la distribución porcentual de alumnado que ya ha cursado o tiene intención de cursar cada una de las asignaturas que conforman el IIA.

Figura 6. Distribución porcentual de alumnado que ya ha cursado (izquierda) o tiene intención de cursar (derecha) cada una de las asignaturas del IIA.



Esta información resulta de vital interés para el profesorado de cara a planificar la incorporación de alguno de los métodos anteriores a según cuál de las asignaturas del itinerario. Por ejemplo, dado que como se veía en la Figura 5 los alumnos de UYA son los que menor constancia tienen de los métodos presentados, resultaría de especial interés reforzar los contenidos de esta asignatura al respecto en los cursos posteriores dado el elevado porcentaje de intención de cursar la misma.

5. CONCLUSIONES

En general, el resultado de la red ha sido satisfactorio, consiguiendo: (i) proporcionar al profesorado del IIA del GISIT una plataforma experimental de apoyo para reforzar conceptos comunes y/o específicos a las distintas asignaturas que conforman dicho itinerario; (ii) acercar al alumnado a los métodos y ensayos (no) normativos comúnmente empleados para la caracterización de materiales acústicos en distintas disciplinas dentro del campo de la Ingeniería Acústica; y (iii) ofrecer un escenario modular que permite enseñar diferentes procedimientos en una misma sesión de clase o en sesiones independientes que puedan efectuarse simultáneamente, ofreciendo así un mayor nivel de formación. Además, la red ha ofrecido la oportunidad de dotar a la docencia de una excelente sinergia con la investigación, al presentar métodos recientes en el campo de la caracterización de materiales, así como presentar un enfoque innovador ofreciendo una metodología de enseñanza transversal que permite al alumnado asociar experiencias prácticas dentro de un mismo marco disciplinar. Adicionalmente, la plataforma experimental ha sido una herramienta fundamental para el desarrollo de un Trabajo Final de Grado del GISIT. En resumen, la red de investigación cuyos resultados se recogen en este trabajo ha proporcionado un entorno de gran utilidad para potenciar las habilidades y capacidades adquiridas por el alumnado al especializarse en esta área, esperando que sirva también para mejorar la calidad general en la titulación.

6. REFERENCIAS

- ASTM E2611 (2017). Standard Test Method for Normal Incidence Determination of Porous Material Acoustical Properties Based on the Transfer Matrix Method.
- Cox, T. & D'Antonio, P. (2009). Capítulo 3. En *Acoustic absorbers and diffusers: Theory, Design and Application*. London: Taylor & Francis.
- UNE-EN ISO 10534 - 2 (2002). Acústica. Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia. Parte 2: Método de la función de transferencia.
- Salissou, Y., & Panneton, R. (2010). Wideband characterization of the complex wave number and characteristic impedance of sound absorbers. *Journal of the Acoustical Society of America*, 128(5), 2868-2876.
- Utsuno, H., Tanaka, T., & Fujikawa, T. (1989). Transfer function method for measuring characteristic impedance and propagation constant of porous materials. *Journal of the Acoustical Society of America*, 86(2), 637-643.

7. ANEXOS

7.1. Encuesta realizada al alumnado



PROGRAMA REDES-I3CE DE
INVESTIGACIÓN EN DOCENCIA
UNIVERSITARIA

**DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA EXPERIMENTAL
MULTI-ASIGNATURA PARA EL ITINERARIO DE INGENIERÍA
ACÚSTICA DEL GRADO EN INGENIERÍA EN SONIDO E IMAGEN
EN TELECOMUNICACIÓN**

Alumno/a: DNI/NIE:

Asignatura:

CUESTIONARIO

¿Conocía alguno de los ensayos que permite implementar la plataforma presentada? En caso afirmativo, indicar en qué asignatura(s) lo(s) estudió.

Procedimiento o método	Asignatura
ISO 10534-2 (impedancia acústica y coeficiente de absorción)	
ASTM E2611-09 (pérdidas por transmisión)	
Método de las dos cavidades (parámetros intrínsecos)	
Método de los tres micrófonos (parámetros intrínsecos)	

De los ensayos anteriores, ¿cuál de todos le ha resultado más sencillo y cuál más complejo?, ¿por qué?

.....
.....
.....

¿Considera interesante incorporar alguno de ellos a los contenidos de la asignatura? En caso afirmativo indicar cuál(es) y por qué.

.....
.....

Por favor, indique al menos una aplicación en la que cree que resultaría(n) de utilidad.

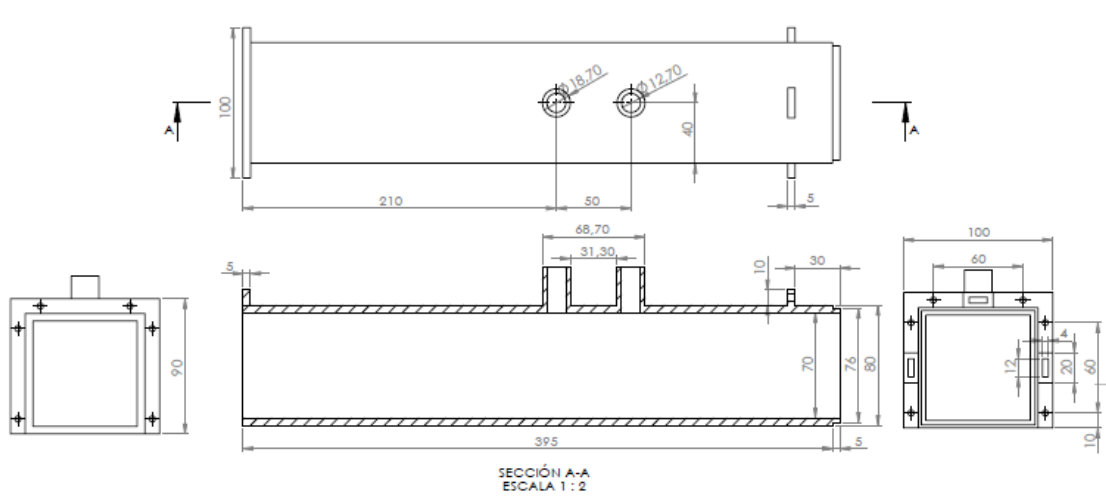
.....

 Está matriculado o tiene intención de matricularse en alguna otra de las asignaturas que conforman el Itinerario en Ingeniería Acústica (IIA). En caso afirmativo, marcar la(s) casilla(s) correspondiente(s).

Asignatura	Ya cursada	Con intención de cursarla
Diseño Acústico de Recintos (DAR)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vibroacústica (VIB)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ultrasonidos y Aplicaciones (UYA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acústica Medioambiental (AM)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7.2. Especificaciones de diseño de la plataforma experimental

Tubo de impedancia (2 uds.)



Portamuestras (2 uds. de cada tipo)

