

# Soluciones demostrativas para reducir la contaminación acústica en las áreas industriales mediante la utilización de tecnologías de acabados en los materiales textiles: Proyecto LIFE09/ENV/ES/000461-NOISEFREETEX



Romina del Rey<sup>1</sup>, Jesús Alba<sup>1</sup>; Maria Blanes<sup>2</sup>, Korina Molla<sup>2</sup>, Bruno Marco<sup>2</sup>; Enrico Fallarella<sup>3</sup>, Francesca Peruzzi<sup>3</sup>; Vicente Sanchis<sup>4</sup>; Felipe Carrasco<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Escuela Politécnica Superior de Gandia. Universitat Politècnica de València (Spain)

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico Textil (AITEK). Alcoy (Spain)

<sup>3</sup> Next Technology Tecnotessile Società Nazionale di Ricerca Prato (Italy)

<sup>4</sup> Piel S.A. Agullent(Spain)

<sup>5</sup> Asociación Textil de la Comunidad Valenciana (ATEVAL) Ontiyent (Spain)

roderey@doctor.upv.es

PACS: 43.50Sr

## Resumen

El proyecto europeo LIFE NOISEFREETEX se ubica dentro del programa de «Environment Policy and Governance», en el área de «ruido». Tiene como objetivo validar las soluciones demostrativas para reducir la contaminación acústica fundamentalmente en las zonas industriales próximas a las zonas urbanas. Con el propósito de minimizar el impacto acústico ambiental, estas soluciones basadas en materiales textiles se utilizan como elementos de construcción, bien en las paredes de las instalaciones industriales, bien en suelos y techos, así como también en pantallas acústicas.

Una de las novedades que plantea este proyecto es la incorporación de velos de nanofibras textiles (sintéticos y naturales) para la mejora de soluciones de absorción sonora y aislamiento acústico. Ya de entrada los materiales textiles son, principalmente, sustratos ligeros, resistentes y adaptables que pueden ser tratados mediante procesos de acabado para mejorar sus propiedades básicas. Al utilizar nanofibras estos beneficios se agudizan. Además, dadas sus características, estos materiales son ideales para la disminución del impacto paisajístico.

Los resultados de este proyecto son los siguientes: Se han concretado varias soluciones textiles que reducen el espesor efectivo del material, manteniendo sus condiciones absorbentes. Gracias a ello se ha conseguido generar una pantalla acústica con valores altos de absorción, reduciendo los espesores. Además, se ha diseñado una aplicación informática de libre distribución que permite obtener la absorción y el aislamiento acústico de pantallas diseñadas con estos materiales.

## Abstract

The European project called LIFE NOISEFREETEX is in the context of the program «Environment Policy and Governance», in the field of noise. The main objective of this project is to validate new solutions which are going to use to reduce noise pollution, mainly, in industrial areas close to urban areas.

These acoustic solutions are made from textile materials and will be used as building elements in the industrial installations, as part of floors and ceilings or as acoustic barriers. One of the novelties offered by this project is the incorporation of nanofiber textiles veils (synthetic and natural) in order to improve the sound absorption and the acoustic insulation of the solutions under test. The textile materials are usually lightweight, resilient and adaptable. These properties allow that these materials could be treated by finishing processes in order to improve their basic properties. If we have got a finishing with a nanofiber veil, the improvements will be greatest. Further, these kinds of materials are ideal for reducing of the impact on the landscape.

Next, some of the results obtained in this project are listed: Several textile solutions have been validated. In these solutions, the effective thickness has been reduced without losing sound absorption properties, so an acoustic barrier with high values of sound absorption, reducing the thickness, has been got. Besides, a software application freely distributed has been designed. This tool (software) allows to obtain sound absorption and acoustic insulation of acoustic barriers designed using these kinds of materials.

## 1 Introducción

El proyecto europeo LIFE (LIFE09 ENV/ES/461) NOISEFREETEX [1], se ubica dentro del programa de Política

y Gobernanza Medioambiental «Environment Policy and Governance» del área de «ruido» del programa LIFE de la Unión Europea. El programa LIFE es el instrumento de financiación de la UE para el medio ambiente. Su objetivo

general es contribuir a la implementación, actualización y desarrollo de la legislación y política ambiental de la UE a través de programas piloto o proyectos demostrativos cofinanciados [2] [3].

El proyecto NOISEFREETEX tiene como objetivo validar las soluciones demostrativas para reducir la contaminación acústica fundamentalmente en las zonas industriales próximas a las zonas urbanas. A tal fin, se utilizan tecnologías de acabados en los materiales textiles. Con el propósito de minimizar el impacto acústico ambiental, estas soluciones basadas en materiales textiles pueden utilizarse como elementos de construcción en las paredes de las instalaciones industriales o bien en suelos y techos, así como en las barreras y pantallas acústicas.

El uso de materiales textiles en las infraestructuras puede proporcionar mejoras significativas en la absorción acústica en toda la gama de frecuencias de interés en esta área, incluidas las frecuencias bajas y las medias-bajas. Estos rangos de frecuencia muestran más problemas en la disminución de los niveles de ruido. Los materiales textiles son, principalmente, sustratos ligeros, resistentes y adaptables que pueden ser tratados mediante procesos de acabado para mejorar sus propiedades básicas. La producción de materiales textiles sintéticos y naturales posibilita la optimización de productos mediante el diseño y la adaptación de las propiedades estructurales y morfológicas; asimismo, los materiales textiles se pueden recubrir y acabar de modo que se mejore la absorción acústica y el aislamiento. Además, dadas sus características, estos materiales son ideales para la disminución del impacto paisajístico.

En NOISEFREETEX se plantean diferentes objetivos específicos, además de los objetivos propios de difusión que son requerimiento de este tipo de proyectos:

- Conocer los requisitos ambientales y las especificaciones acústicas nacionales y europeas en la construcción, principalmente de las zonas industriales.
- Definir los materiales textiles específicos que tienen propiedades interesantes, como los materiales de absorción acústica y, además, que se puedan mejorar y optimizar. Una opción será reutilizar los residuos textiles procedentes de procesos industriales tales como las resinas, el polvo de la hilatura, los recortes, las orillas o los artículos defectuosos.
- Trabajar con diferentes tipos de procesos de acabado, principalmente electrohilatura, tratamientos superficiales de plasma y recubrimientos para mejorar los resultados de los materiales textiles básicos.
- Validar las soluciones demostrativas o de materiales prototipo desarrollados en el campo de la acústica para reducir la contaminación del ruido reduci-

do, por ejemplo, pantallas acústicas, sistemas de encapsulado, etc.

- Estudiar la compatibilidad de las soluciones desarrolladas con el comportamiento del fuego con el fin de cumplir la legislación y los requisitos específicos en este ámbito, como es el caso de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental (DO L189 de 18.07.2002, pp. 12 a 25, 32002L0049) así como su transposición a los Estados miembros de la UE.

## 2 Acciones y métodos

La metodología utilizada en el proyecto se basa en primer lugar en la recopilación de toda la documentación e información relacionada con las especificaciones acústicas en la construcción y los requisitos ambientales, así como de toda la información relativa a los materiales textiles específicos con una cierta absorción de sonido y otras propiedades, tanto a nivel nacional e internacional.

El segundo paso a desarrollar en este proyecto se centra en la aplicación de diferentes procesos de acabado para mejorar y optimizar las propiedades acústicas de los materiales textiles.

La tercera acción es la validación de las soluciones demostrativas o materiales prototipo. Esta acción se desarrolla en tres etapas claramente definidas: validación a escala de laboratorio de muestras de pequeño tamaño, validación de las soluciones constructivas en cámaras acústicas a escala, y validación final en cámaras acústicas normalizadas. En cada paso se toman decisiones de cambios de fabricación y elección de los materiales en función de los datos obtenidos.

Estas acciones además, proveen de información a una aplicación informática que permite diferentes diseños en función de los cambios decididos.

### 2.1 Procesos de acabado de materiales textiles

Para la elaboración del velo de nanofibra se hace uso de la tecnología de electrohilatura. La electrohilatura (electrospinnig), es un proceso menos complejo de elaborar textiles no tejidos de fibras poliméricas que otros métodos convencionales como hilatura por fusión, hilatura en húmedo, moldeo por extrusión, etc. La base de funcionamiento de esta tecnología es obtener fibras de pequeño diámetro a partir de un polímero disuelto en el seno de una disolución cargada eléctricamente. La electrohilatura utiliza una fuente de alto voltaje para crear un campo eléctrico entre la disolución polimérica y una placa recolectora. En la superficie del sustrato colector se obtiene un velo no tejido de nanofibras sólidas con una

orientación aleatoria [4][5]. Son muchos los parámetros que intervienen en este proceso, por tanto, son muchos los factores a estudiar en el acabado final de los materiales recubiertos de estos velos de nanofibras [6]. Algunos ejemplos son la tensión aplicada entre los electrodos, la distancia al colector, las condiciones ambientales en el entorno del proceso, la concentración y la conductividad de la solución o la volatilidad del solvente.

## 2.2 Validación inicial de muestras

La validación inicial se realiza con pequeñas muestras de un tamaño adecuado para realizar probetas en tubos de Kundt con diferentes composiciones. Inicialmente se parte de 12 muestras de 3 gramajes distintos, 400 g/m<sup>2</sup>, 720 g/m<sup>2</sup> y 1200 g/m<sup>2</sup>. A cada una de estas bases se proporciona 4 acabados distintos: muestras introducidas en una solución de NY6+PEO (ANY6+PEO), muestras electrohiladas con la misma solución (NY6+PEO), muestras

electrohiladas con una solución de NY6 (NY6) y por último, muestras electrohiladas con una solución de poliéster reciclado (PETR). Además, a estas 12 muestras, se les suma la posibilidad de que la base de poliéster también esté formada por poliéster reciclado. Para estudiar esta influencia se aportan 3 muestras más. En este caso, el acabado es de electrohilatura de NY6+PEO y los gramajes del poliéster base siguen siendo 400 g/m<sup>2</sup>, 720 g/m<sup>2</sup> y 1200 g/m<sup>2</sup>.

En la figura 1 se observan algunos ejemplos de las 12 primeras muestras estudiadas. En la figura 2 se observan las 3 muestras con base de poliéster reciclado.

Estos materiales se caracterizan acústicamente realizando tres tipos de ensayo distintos, todos ellos basados en tubos de impedancia. Se obtiene la impedancia y el valor del coeficiente de absorción en incidencia normal según la norma UNE-EN ISO 10534-2:2002 [7]. Se obtiene el valor de la resistencia al flujo mediante el método

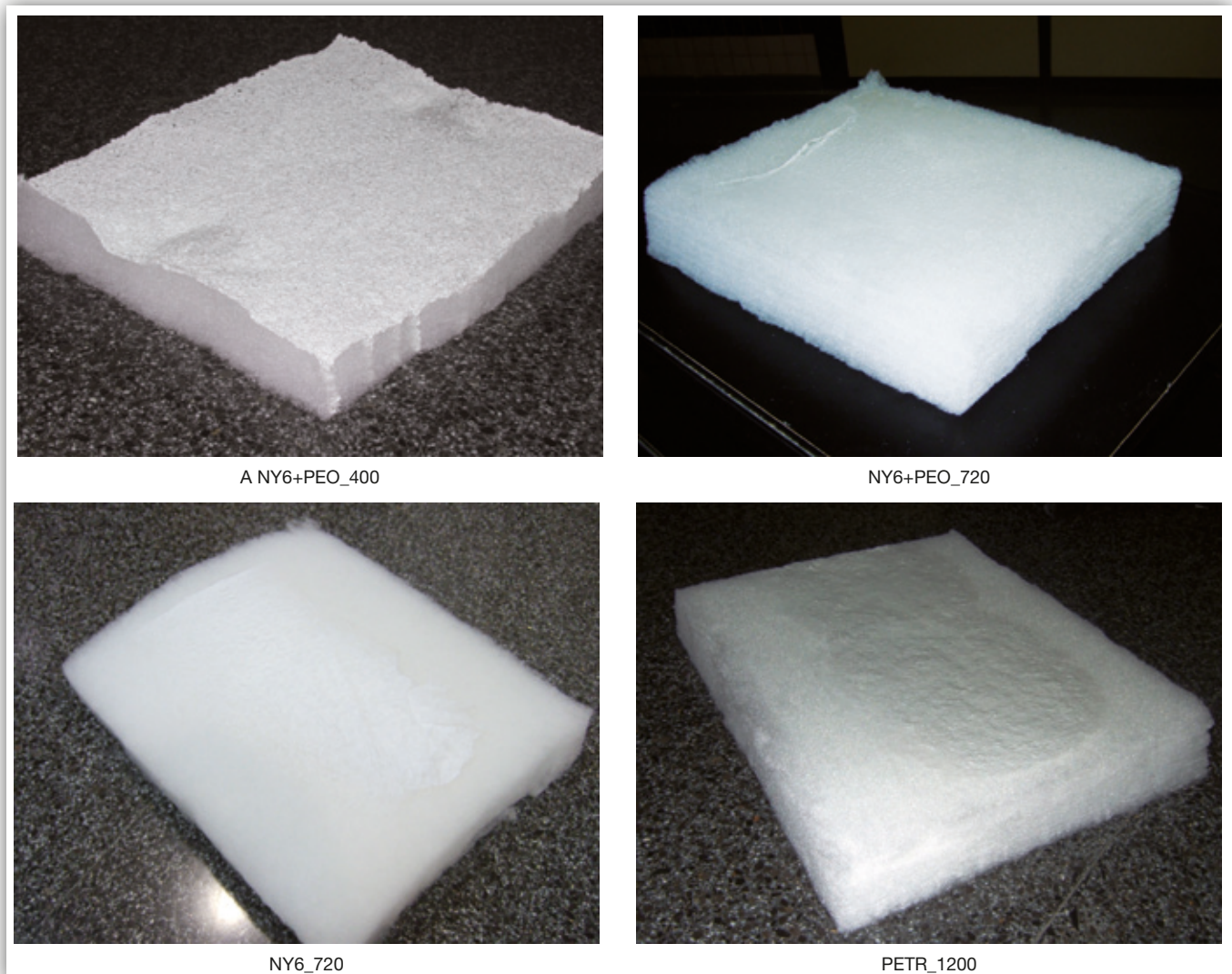


Figura 1. Algunos ejemplos de las muestras estudiadas en la primera etapa.





Figura 2. Muestras estudiadas con base de poliéster reciclado.

indirecto de Ingard&Dear [8]. Por último se comparan los valores de las pérdidas por transmisión, TL [9].

En la figura 3 se muestran los resultados del coeficiente de absorción según UNE-EN ISO 10534-2:2002 [7].

En la tabla 1 se resumen los datos de resistencia específica al flujo.

Tabla 1. Valores de la resistencia al flujo de las muestras caracterizadas en la primera fase

Muestra	Resistencia al Flujo (kPas/m <sup>2</sup> )
ANY6+PEO_400	20
ANY6+PEO_720	25
ANY6+PEO_1200	28
NY6+PEO_400	18
NY6+PEO_720	25
NY6+PEO_1200	27
NY6_400	13
NY6_720	25
NY6_1200	27
PETR_400	27
PETR_720	>50
PETR_1200	>50
NY6+PEO_PETR400	35
NY6+PEO_PETR720	>50
NY6+PEO_PETR1200	>50

Respecto a las pérdidas por transmisión se ha construido un prototipo propio para este tipo de materiales basado en tubo de Kundt gracias a los fondos concedidos por el programa LIFE. Los detalles del diseño y calibración del mismo se pueden encontrar en [10]. En la figura 4 se muestran algunos resultados de estos ensayos con velos de nanofibras.

A partir de los resultados obtenidos en esta primera fase, se decide que los materiales que pasarán a ensayos de la segunda fase son los siguientes; NY6+PEO\_PETR400, NY6\_400 y PETR\_400. Todos con el mismo gramaje de base de poliéster, 400 g/m<sup>2</sup>, uno de ellos elaborado a partir de poliéster reciclado. Se deciden estas muestras por presentar valores intermedios de la resistencia al flujo, y valores del coeficiente de absorción mayores, incluso a frecuencias medias-bajas, que otros acabados, o mayores gramajes.

### 2.3 Ensayos a pequeña escala

Una vez elegidas en la fase anterior las muestras que presentan un buen comportamiento, valorando tanto la absorción sonora, como otras variables no acústicas, se procede a realizar ensayos a pequeña escala.

Para la realización de estos ensayos se han construido dos prototipos dentro de este proyecto LIFE NOISE-FREETEX: una cámara reverberante a escala y una cámara de transmisión a escala. Los detalles tanto del

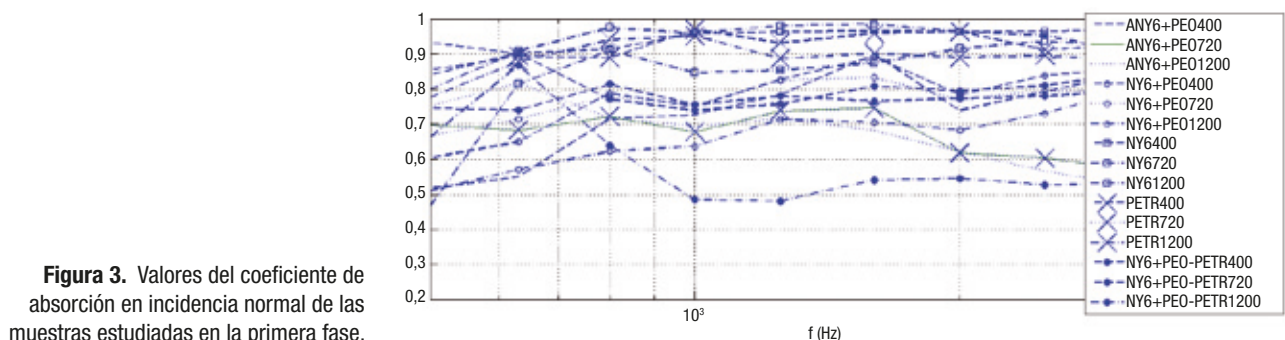
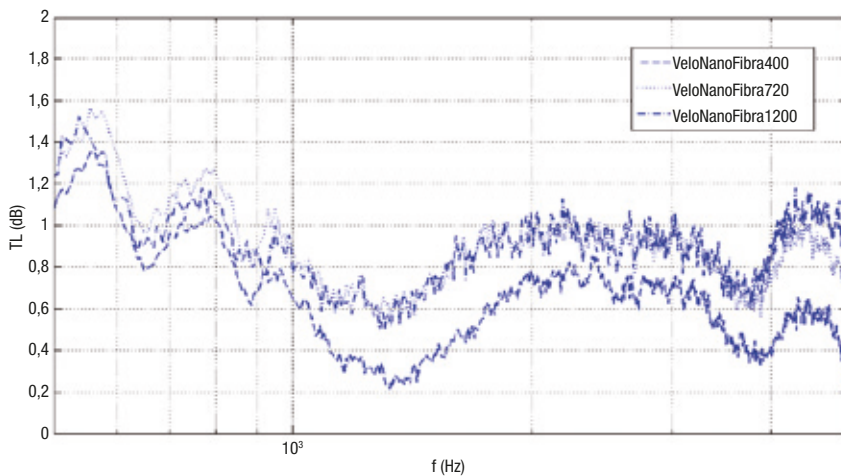


Figura 3. Valores del coeficiente de absorción en incidencia normal de las muestras estudiadas en la primera fase.



**Figura 4.** Resultado de ensayo de las pérdidas por transmisión de algunas muestras de nanofibras con distintos gramajes de poliéster base.

diseño como de parte de calibración de estos prototipos se pueden ver con detalle en [11] y [12].

Los ensayos de absorción sonora en cámara reverberante a escala se han realizado siguiendo las directrices de la normativa UNE-EN ISO 354: 2004 [13]. La gran ventaja que presentan estos ensayos frente a los ensayos normalizados y que se realizan en cámara reverberante real es la superficie de ensayo necesaria. Se ha conseguido obtener valores de la absorción fiables utilizando  $0,3 \text{ m}^2$  como superficie de ensayo, frente los  $10\text{-}12 \text{ m}^2$  que se necesitan en ensayo normalizado. En la figura 5 se muestran algunas imágenes de esta cámara reverberante a escala así como de algunos ensayos de absorción en ésta.

Se han analizado cuatro posibles soluciones acústicas: base de poliéster de  $400 \text{ g/m}^2$  sin ningún tipo de recubrimiento, muestras de NY6+PEO\_PETR400, mues-

tras de PETR\_400 y un combinado de éstas dos. Se decide descartar la posibilidad del estudio de muestras de NY6\_400, elegida en la fase anterior, por difícil adhesión del velo de nanofibras al aumentar la superficie de ensayo. Los resultados se comparan en la figura 6.

Uno de los últimos avances realizados en la cámara de transmisión a escala ha sido la adaptación del marco porta-muestras para minimizar las transmisiones no directas siguiendo las directrices que marca la norma UNE-EN ISO 10140-2:2011 [14]. Se muestran algunas imágenes en la figura 7.

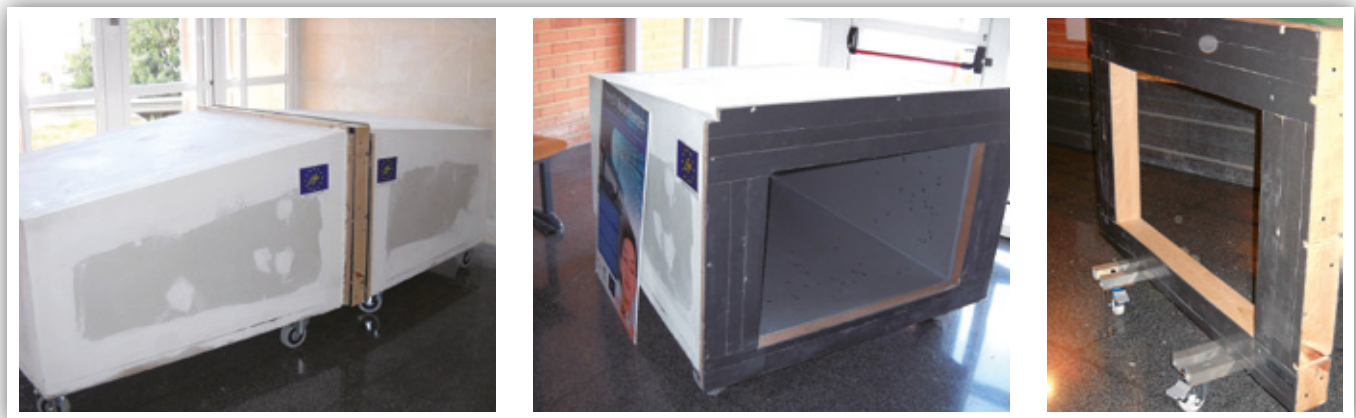
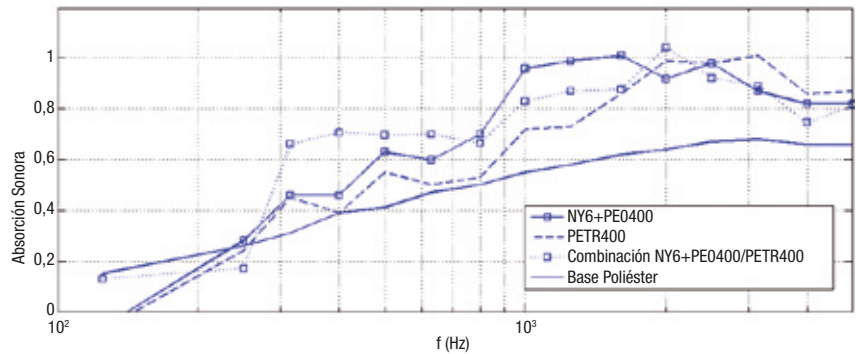
#### 2.4 Ensayos en cámara reverberante según norma

Se han realizado ensayos en la cámara reverberante de la Escuela Politécnica Superior de Gandia construida conforme normativa [13]. La configuración ensayada son pantallas perforadas de aluminio con base de poliéster



**Figura 5.** Imagen de la cámara reverberante a escala diseñada para este proyecto y de un ensayo de absorción en ésta.

**Figura 6.** Valores de la absorción en cámara reverberante a escala de las muestras de la fase 2 del proyecto LIFE NOISEFREETEX.



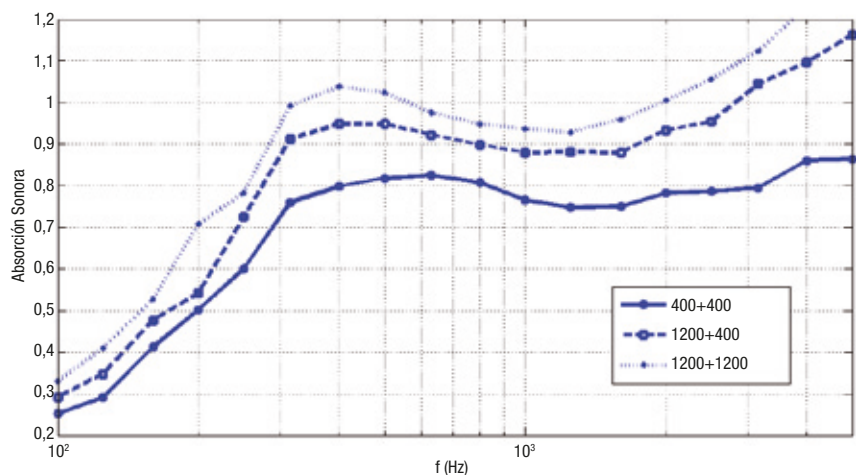
**Figura 7.** Imágenes de algunos detalles de la cámara de transmisión a escala.

sin recubrimiento como material absorbente en su interior. El tipo de perforado es una combinación de diámetros de 3 mm, 4 mm, 5 mm y 6 mm, al tresbolillo. En la figura 8 se muestran algunos de estos resultados según ensayo normalizado [13].

Para validar los resultados obtenidos en la cámara reverberante a escala, se comparan con los datos obtenidos

de la cámara reverberante de la EPSG. Se utiliza la norma UNE-EN 1793-1:1998 [15], calculando la categoría de la pantalla y el índice de reducción sonora  $\Delta L\alpha$  (dB) en ambos casos. En la tabla 2 se comparan valores del índice de reducción sonora y las categorías de absorción acústica, de materiales de poliéster de distintos gramajes y espesores. Se observa como los datos obtenidos en ambas cámaras son comparables.

**Figura 8.** Ensayos de absorción normalizados [13] de pantallas perforadas con base de poliéster en su interior.





En la tabla 3 se muestran resultados de ensayos en cámara reverberante a escala. Se comparan materiales con velos de nanofibras del proyecto NOISEFREETEX sin y con un perforado, el perforado es del 2%. Comparando tabla 2 y tabla 3 puede verse cómo el velo aumenta la categoría de la pantalla.

Es destacable también lo siguiente: si se obtiene la clasificación de los resultados de la pantalla con absorbente de 400+400 (figura 8), su valor es de 6 dB de reducción sonora y categoría A2. Se obtiene la misma categoría combinando un velo de nanofibras con el mismo absorbente. En el primer caso se tienen 8 cm de material absorbente interior, y en el segundo, el espesor es prácticamente 4 cm.

## 2.5 Aplicación informática

Otro objetivo de este proyecto es crear un software específico que ayude a proporcionar datos adicionales en base a los resultados obtenidos en los ensayos anteriores. Este software permite realizar simulaciones adicionales con diferentes condiciones y materiales, respecto a las obtenidas experimentalmente. La aplicación plantea dos niveles. En primer lugar, modelar el comportamiento de los materiales respecto a la absorción sonora. En segundo lugar, el nuevo software se desarrolla para obtener su aislamiento acústico. Por tanto, esta herramienta proporciona información adicional antes de fabricar las muestras. En la figura 9 se muestra la pantalla principal de acceso. En la figura 10 se muestra la pantalla de cálculo de la parte de absorción sonora y en la figura 11, la pantalla de resultados. La simulación se basa en buena parte en diferentes artículos científicos que tratan modelos sobre diferentes tipos de materiales (sintéticos, naturales, reciclados, etc.) [16][17][18][19][20][21].



Figura 9. Pantalla principal del programa de cálculo.



Figura 10. Pantalla de elección de materiales.

Como se observa en la figura 10, la aplicación informática permite seleccionar diferentes materiales dentro de un modelo base. Sobre una superficie rígida se pueden colocar uno o dos absorbentes acústicos, uno o dos

Tabla 2. Comparativa de categorías e índices de reducción sonora entre cámara reverberante estandarizada y cámara reverberante a escala.

Muestras	Gramaje y Espesor	Cámara Reverberante EPSG		Cámara Reverberante a Escala	
		$\Delta L\alpha$ (dB)	Categoría	$\Delta L\alpha$ (dB)	Categoría
I400/40	400 g/m <sup>2</sup> y 40 mm	3	A1	3	A1
I400/30	400 g/m <sup>2</sup> y 30 mm	3	A1	3	A1
I600/30	600 g/m <sup>2</sup> y 30 mm	4	A2	3	A1
I700/25	700 g/m <sup>2</sup> y 25 mm	4	A2	4	A2

Tabla 3. Resultados en cámara reverberante a escala de distintas muestras con los velos de nanofibras sin y con perforado.

Muestras	Material sin perforado		Perforado (2%) con material absorbente	
	$\Delta L\alpha$ (dB)	Categoría	$\Delta L\alpha$ (dB)	Categoría
NY6+PEO400	6	A2	4	A2
PETR400	5	A2	5	A2
Combinado NY6+PEO400/PETR400	5	A2	5	A2
Base Poliéster 400	3	A1	4	A2

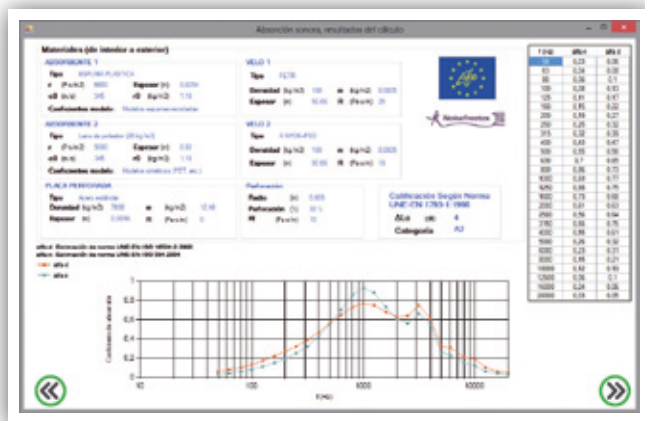


Figura 11. Pantalla de resultados sobre absorción sonora.

velos de nanofibras, cerrando la estructura con un panel al que se le puede dar perforación.

En la figura 11 se observa toda la información que se obtiene de la simulación de absorción sonora. Se muestran datos del coeficiente de absorción en incidencia normal simulando la norma UNE-EN ISO 10534:2002 [7] y del coeficiente de absorción en incidencia aleatoria simulando la norma UNE-EN ISO 354:2004 [13]. También se califica la pantalla realizando los cálculos de la UNE-EN 1793-1:1998 [15].

Respecto a la parte de aislamiento acústico, la aplicación permite el cálculo la misma estructura, dando información del aislamiento acústico simulando la norma UNE-EN ISO 10140-2:2011 [14]. Además, se obtiene la calificación acústica según la norma UNE-EN 1793-2:1998 [22]. Esta aplicación informática se explicará con detalle en el 44º Congreso Español de Acústica (Tecnicaústica 2013) que se celebra en Valladolid.

### 3 Conclusiones

De forma global, podemos destacar diferentes aspectos del proyecto NOISEFRETEX. En primer lugar, se han concretado soluciones textiles que reducen el espesor efectivo del material, manteniendo sus características de absorbentes acústicos. Para su diseño se ha partido de la técnica de la electrohilatura, ya conocida, desarrollando inicialmente pequeñas muestras, de las que se han elegido las más estables y con mejores valores de coeficiente de absorción. De éstas se han concretado los materiales finales del proyecto, generando así una pantalla acústica con buenos valores de absorción, reduciendo los espesores del material interior. Al mismo tiempo, se han desarrollado prototipos de ensayo que se podrán utilizar en futuros proyectos.

En segundo lugar, destacar que además se pone en marcha una herramienta informática basada en los resul-

tados del proyecto y en conocimientos previos, que permite el diseño de otras combinaciones que no se han medido. Esta herramienta será de libre disposición gracias al programa LIFE.

### Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado gracias al programa de proyectos europeos LIFE. Project LIFE09 ENV/ES/461: NOISEFRETEX-«DEMONSTRATIVE SOLUTIONS TO REDUCE NOISE POLLUTION IN INDUSTRIAL AREAS, USING FINISHING TECHNOLOGIES IN TEXTILE MATERIALS»

### Referencias

- [1] <http://noisefreetex.aitex.net/>
- [2] Programa LIFE de la EU. <http://ec.europa.eu/environment/life/index.htm>.
- [3] Proyectos LIFE en España. [http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/ayudas-subsvenciones/programa-life/proyectos-life/proyectos\\_espanoles.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/ayudas-subsvenciones/programa-life/proyectos-life/proyectos_espanoles.aspx)
- [4] Teo W.E, Ramakrishna S. A review on electrospinning design and nanofibre assemblies. *Nanotechnology*. Vol. 17 (14), 2006, pp R89-R106.
- [5] Ramakrishna S.A. An introduction to electrospinning and nanofibers. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 382, Singapore, 2005.
- [6] E. Faterella, F. Peruzzi, J. Alba, R. del Rey. Sound absorption textile improved by recycled polyester nanostructure. 13 Autex. World Textile Conference. 2013. Dresden, Germany.
- [7] 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. (ISO 10534-2:1998).
- [8] Ingard K.U., Dear T.A. (1985), Measurement of acoustic flow resistance, *Journal Sound and Vibration*, 103, 4, 567-572.
- [9] Sung Soo Jung, Yong Tae Kim and Yong Bong Lee. Measurement of Sound Transmission Loss by using Impedance Tubes. *Journal of Korean Physical Society*. 53(2), 2008, 596-600.
- [10] Del Rey R., Alba J., Bertó L., Hervàs C., Sanchís V. Construcción de un tubo de impedancia para la medida de las pérdidas por transmisión. VIII Congreso Ibero-Americano de Acústica. 1-3 outubro. Evora. Portugal. 2012.



- [11] Alba J., Del Rey R., Arrebola F., Bertó L., Hervàs C. Cámara Reverberante a escala para el estudio de pantallas acústicas. VIII Congreso Ibero-Americano de Acústica. 1-3 outubro. Evora. Portugal. 2012.
- [12] Alba J., Del Rey R., Torres J.V., Bertó L., Hervàs C. Cámara de transmisión acústica a escala para el estudio de pantallas acústicas. VIII Congreso Ibero-Americano de Acústica. 1-3 outubro. Evora. Portugal. 2012.
- [13] UNE-EN ISO 354:2004. Acústica. Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante. (ISO 354:2003)
- [14] UNE-EN ISO 10140-2:2011. Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 2: Medición del aislamiento acústico al ruido aéreo. (ISO 10140-2:2010)
- [15] 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.
- [16] Delany M. E., Bazley E. N.: «Acoustical Properties of Fibrous Absorbent Materials», Applied Acoustics 3, (1970), pp105 -116.
- [17] I.P.Dunn, W.A. Davern, «Calculation of acoustic impedance of multi-layer absorbers», Applied Acoustics, 19, (1986), pp. 321-334.
- [18] M.Garai, F. Pompoli,: «A simple empirical model of polyester fibre materials for acoustical applications», Applied Acoustics 66 (2005) pp 1383-1398.
- [19] Ramis J., Alba J., del Rey R., Escuder E., Sanchís V., «Nuevos materiales absorbentes acústicos basados en fibras de kenaf», Mater. Construcc.Vol. 60 N° 299, (2010), pp 133-143.
- [20] del Rey R, Alba J, Ramis J and Sanchís VJ. «Nuevos materiales absorbentes acústicos obtenidos a partir de restos de botellas de plástico». Mater Constr Vol. 61 N° 304 (2011), pp 547-558.
- [21] del Rey R, Jesus Alba, Jorge P Arenas and Sanchís VJ.» An empirical modelling of porous sound absorbing materials made of recycled foam». Appl Acoust. Vol. 73 N°6-7 (2012), pp 604-609.
- [22] UNE-EN 1793-2:1998. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 2: Características intrínsecas relativas al aislamiento al ruido aéreo.



Envíese a: **Revista Española de Acústica - SEA**  
 e-mail: [secretaria@sea-acustica.es](mailto:secretaria@sea-acustica.es)  
<http://www.sea-acustica.es>

Estoy interesado en:

- **ASOCIARME A LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACÚSTICA**
- **SUSCRIBIRME A LA REVISTA DE ACÚSTICA**

Apellidos: \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_

Dirección para correspondencia: \_\_\_\_\_

C.P.: \_\_\_\_\_ Ciudad: \_\_\_\_\_ Provincia: \_\_\_\_\_

Tel.: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_

Centro de trabajo: \_\_\_\_\_

Puesto de trabajo: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

C.P.: \_\_\_\_\_ Ciudad: \_\_\_\_\_ Provincia: \_\_\_\_\_

Tel.: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_

# A LOS **40** LA VIDA ES MÁS **SOSTENIBLE**

Muchos ya conocen cuales son las ventajas de haber alcanzado los 40.

Y es que **CLIMAVER APTA**, en 40 mm de espesor y clase de estanquidad D, asegura una eficiencia energética más allá de los requisitos establecidos en el RITE.

Además, **CLIMAVER APTA** ofrece también el máximo confort acústico, garantizando calidad de vida.

**Esto es CLIMAVER APTA. Esto es sostenibilidad.**

**CLIMAVER PLUS R - CLIMAVER *neto* - CLIMAVER *deco*<sup>®</sup> - CLIMAVER APTA**  
LAS MÁS ALTAS PRESTACIONES TÉRMICAS Y ACÚSTICA Y EL MAYOR AHORRO ENERGÉTICO

+34 901 33 22 11  
[www.isover.es](http://www.isover.es)  
[isover.es@saint-gobain.com](mailto:isover.es@saint-gobain.com)

**ISO**over  
SAINT-GOBAIN