

CONSTRUCCIÓN DE UN TUBO DE IMPEDANCIA PARA LA MEDIDA DE LAS PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN.

Romina del Rey, Jesús Alba, Laura Bertó, Carlos Hervás, Vicente Sanchís

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, lauberca@upv.es, carhergo@epsg.upv.es}

Resumen

Las pérdidas por transmisión del sonido (Sound Transmission Loss) es un parámetro esencial para diseñar y solucionar problemas de ruido tanto en acústica de la edificación como en acústica medioambiental. Existen normativas internacionales para determinar el coeficiente de absorción acústico de un material absorbente a partir de tubos de impedancia, pero no existe ningún procedimiento estandarizado que permita conocer las pérdidas por transmisión de materiales o de paneles a partir de tubos de impedancia.

En este trabajo se muestra el diseño, construcción y puesta en marcha de un método de medida de las pérdidas por transmisión basado en tubos de impedancia para poder caracterizar tanto materiales absorbentes como distintos tipos de placas o paneles ligeros. Además, gracias a este tubo puede medirse de forma simultánea, bajo ciertas limitaciones, el coeficiente de absorción de dichos materiales.

Palabras-clave: Pérdidas por transmisión, tubos de impedancia, materiales absorbentes.

Abstract

The Sound Transmission Loss of sound absorbent materials is one of the essential considerations in building acoustic and environmental noise reduction panels. In determining the sound absorption coefficient, the internationally standardized impedance tube method has been widely used. However, there is no international standard for sound transmission loss measurement procedures for use in conjunction with impedance tubes.

This work presents the design, construction and how we set up a method to measure the transmission loss using impedance tubes to characterize both absorbent materials and different kinds of plates or lightweight panels. Moreover, using this tube we can measure, under certain limitations, the sound absorption coefficient of materials and the transmission loss in one go.

Keywords: Transmission Loss, impedance tubes, absorbent acoustic materials.

PACS no. 43.50 +y

1 Introducción

La caracterización acústica de materiales es una línea de investigación que cada vez toma más fuerza en distintos sectores industriales, debido a la ampliación de servicios que muchas empresas se ven, en el panorama actual, obligadas a ofrecer. Algunos ejemplos de estos sectores son: el sector del textil, la industria papelera, industrias del composite, empresas medio ambientales que solucionan problemas de residuos industriales, etc. Distintos tipos de textiles, acabados de los mismos, composites con distinto tipo de matriz o materiales elaborados a partir de reciclados son algunas de las muestras que se caracterizan acústicamente para buscar sus aplicaciones, tanto en acústica de la edificación (aislamiento o acondicionamiento), como en acústica medioambiental para la elaboración de pantallas acústicas.

Uno de los parámetros necesario conocer para caracterizar materiales con aplicabilidad acústica es la resistencia específica al flujo. Existen normativas internacionales para determinar este parámetro [1]. Además, para materiales absorbentes acústicos, existe una alternativa a esta normativa muy extendida en el ámbito de la investigación [2]. Esta alternativa se basa en mediciones en tubo de impedancia. También en tubos de impedancia se basa uno de los métodos descritos en la normativa referente al coeficiente de absorción en incidencia normal [3], parámetro de gran interés en la caracterización acústica de materiales. Sin embargo, no existe ningún procedimiento estandarizado que permita conocer las pérdidas por transmisión de materiales o de paneles a partir de tubos de impedancia, aunque son muchos los autores que se han basado en este tipo de tubos para poder conocer las pérdidas por transmisión y caracterizar acústicamente distintos tipos de materiales [4][5][6][7][8].

En la Escuela Politécnica Superior de Gandía se ha diseñado un sistema para mediciones de pérdidas por transmisión basado en un tubo de impedancia. El diseño y la construcción del mismo se ha realizado en base, tanto a la bibliografía referenciada anteriormente, como en la experiencia que posee el grupo de investigación autor de este trabajo en la elaboración y calibración de prototipos de medición propios [9,10].

En este trabajo se muestra el diseño del prototipo realizado para las mediciones de las pérdidas por transmisión y se muestran también los resultados preliminares de la puesta en marcha de este prototipo.

2 Diseño del tubo de impedancia para mediciones de TL

2.1 Base teórica del diseño

El dispositivo basado en dos tubos de impedancia para las medidas de las pérdidas por transmisión se puede observar en la figura 1. En toda la bibliografía referenciada anteriormente, este dispositivo está compuesto por un altavoz capaz de generar ondas planas y situado en el extremo del tubo anterior a la muestra, 4 micrófonos; dos de ellos situados en la parte anterior de la muestra y otros dos situados en la parte posterior de la misma. La terminación de todo el dispositivo está formada por una terminación abierta y rígida en el caso particular de [5] o por una terminación anecoica en el resto de bibliografía y en el caso que nos ocupa.

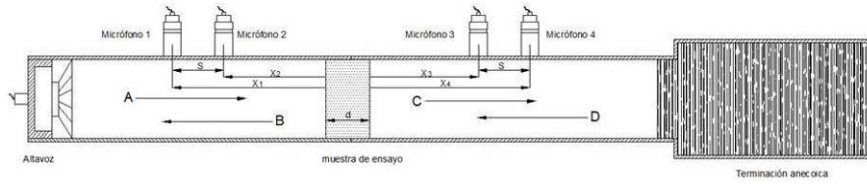


Figura 1- Esquema de los tubos de impedancia para medición de las pérdidas por transmisión.

La base de este esquema es la descripción de la matriz de transferencia que representa las ondas incidentes y reflejadas de la parte superior de la muestra y de la parte inferior de la misma. Las ecuaciones se describen en cualquiera de las referencias mencionadas. A partir de algunos de los coeficientes de esta matriz, se puede obtener, entre otros parámetros, el valor del TL. En el caso concreto de [4], que se ha considerado como base de este trabajo, las pérdidas por transmisión se pueden obtener a partir de la siguiente expresión:

$$TL = 20 \log_{10} \left| \frac{e^{jks} - H_{12}}{e^{jks} - H_{34}} \right| - 20 \log_{10} |H_t| \quad (1)$$

Donde, s es la distancia entre micrófonos, H_{12} es la función de transferencia entre los micrófonos 1 y 2, micrófonos anteriores a la muestra (P_2/P_1) y H_{34} es la función de transferencia entre los micrófonos 3 y 4, micrófonos posteriores a la muestra (P_3/P_4). H_t se define como la relación entre auto-espectros: auto-espectro en la parte anterior a la muestra (S_u) y auto-espectro en la parte posterior a la muestra (S_d)

$$H_t = \sqrt{\left| \frac{S_d}{S_u} \right|} \quad (2)$$

2.2 Diseño del prototipo

El prototipo diseñado y elaborado en la Escuela Politécnica Superior de Gandia de la Universitat Politècnica de València, se puede observar en la figura 2. Las particularidades del diseño se detallan a continuación: La longitud del tubo anterior a la muestra es de 1315mm, la del tubo posterior a la muestra es de 1233mm. Ambos tubos presentan un diámetro interior de 40mm. Este prototipo en particular, presenta tres posiciones de micrófonos distintas en las caras anterior y posterior a la muestra, a diferencia de los dispositivos estándar que presentan dos. La distancia entre micrófonos determina el espectro en frecuencias de medida. Se dispone de distancias de 32mm o de 16mm. Se ha considerado en todo momento la distancia de 32mm para la puesta en marcha del prototipo.

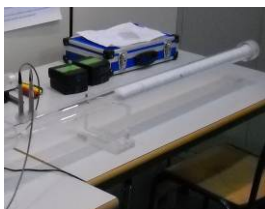


Figura 2- Diseño propio del esquema de la figura 1 para el cálculo de las pérdidas por transmisión. Algún detalle del mismo.

3 Calibración del prototipo diseñado

Se proponen cinco configuraciones de ensayo de TL a partir del prototipo descrito en el punto anterior. El cambio de cada una de las configuraciones siempre es motivado por la no coherencia de algunos resultados. La mejora que se obtienen con el cambio de configuración se puede comprobar gracias al valor del coeficiente de absorción en incidencia normal, medido según procedimiento descrito en [10534-2], de la parte trasera del dispositivo. Es necesario, y se ha podido observar que determinante en la calibración del dispositivo, que la parte trasera del tubo posterior a la muestra presente una terminación anecoica. En la figura 3 se pueden observar algunas de las configuraciones propuestas. En la figura 4 se muestran los resultados de los valores del coeficiente de absorción en incidencia normal de la terminación anecoica para tres de estas configuraciones. La descripción de las configuraciones se detalla a continuación:

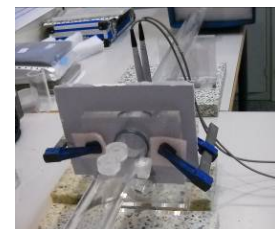
Configuración 1; se considera como terminación anecoica parte del mismo tubo trasero con lana de poliéster absorbente en su interior, en concreto, 385mm. Configuración 2; parte del tubo trasero, sin absorbente en su interior es introducido en una cavidad con material absorbente en el interior (cavidad anecoica). En la configuración 3, se introduce de nuevo absorbente en el interior del tubo trasero, se introduce parte de éste en la cavidad anecoica. Esta configuración con la protección de los bordes del tubo en contacto con la cavidad anecoica por una espuma de poliuretano, forman la configuración 4. Por último, como configuración 5 se considera el mismo sistema que la configuración 4, pero evitando cualquier tipo de transmisión directa del sonido; esto es, entre dispositivo y mesa de ensayo, o entre los elementos que sujetan la muestra y dispositivo de ensayo.



3a) Configuración 1



3b) Configuración 4



3c) Configuración 5

Figura 3- Detalle de algunas de las configuraciones propuestas.

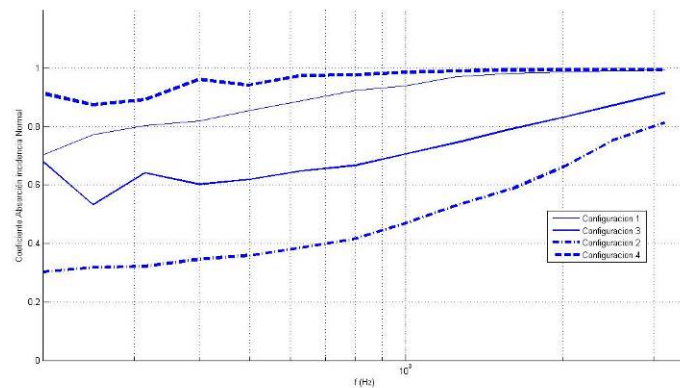


Figura 4- Coeficiente de absorción de la terminación anecoica de las configuraciones 1, 2 y 3.

3.1 Resultados de la calibración

Para la puesta en marcha del dispositivo diseñado se realizan mediciones del TL tanto de materiales absorbentes como de placas de yeso o de tejidos textiles que por si solos se pueden considerar como capas impermeables. Se realizan los ensayos de algunas de estas muestras en las distintas configuraciones descritas en el punto anterior. En la figura 5 se puede observar las mediciones del TL de una muestra de PET (poliéster reciclado elaborado a partir de restos de botellas de plástico [11]) ensayado bajo las condiciones de las configuraciones 1, 3, 4 y 5. En la figura 6 se comparan las mediciones de las configuraciones 1,4 y 5 de una placa de yeso combinada con textil (figura 6 a) y de una tela (tejido 1, figura 6 b).

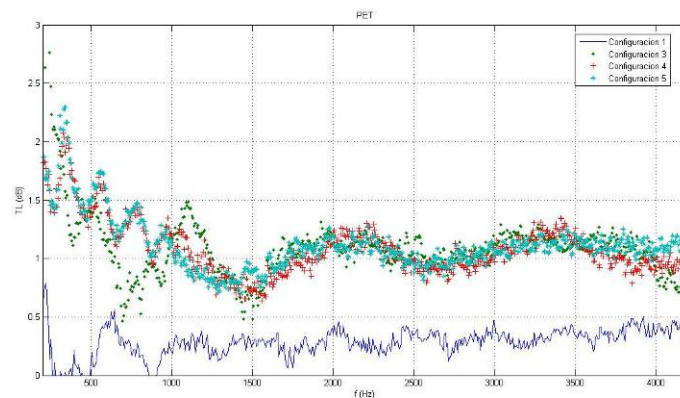
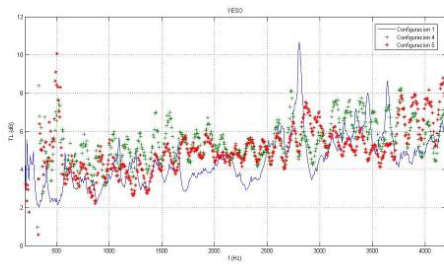
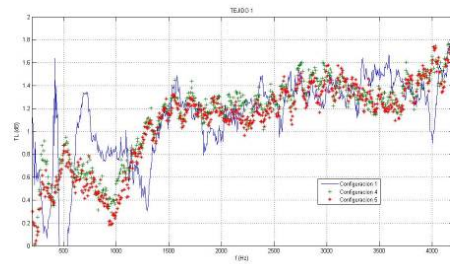


Figura 5- TL (dB) de una muestra de poliéster reciclado bajo distintas condiciones de ensayo.



6 a) TL (dB) placa de yeso combinada con textil



6 b) TL (dB) tejido 1

Figura 6-Ensayos con configuraciones 1, 4 y 5.

Con el objetivo de estudiar la influencia de las transmisiones indirectas en el prototipo de ensayo, se realizan mediciones en la configuración 4 con la placa de yeso apoyado sobre la mesa de ensayo y sin apoyar. Los resultados se observan en la figura 7. También se ensaya un mismo tejido (tejido 2) bajo las mismas condiciones de ensayo, excepto evitando cualquier transmisión indirecta; configuración 4 y configuración 5. Los resultados se reflejan en la figura 8.

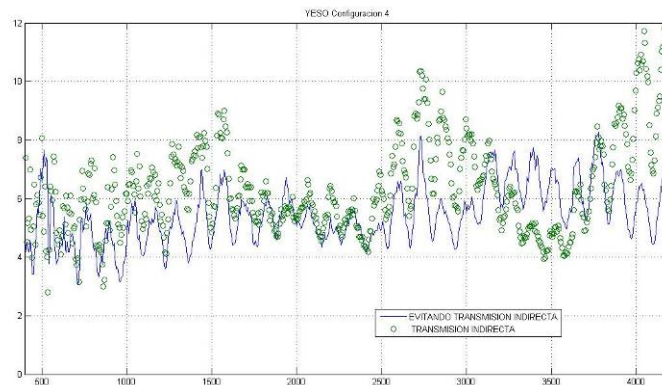


Figura 7- Ensayos de TL (dB) con placa de yeso y configuración 4.

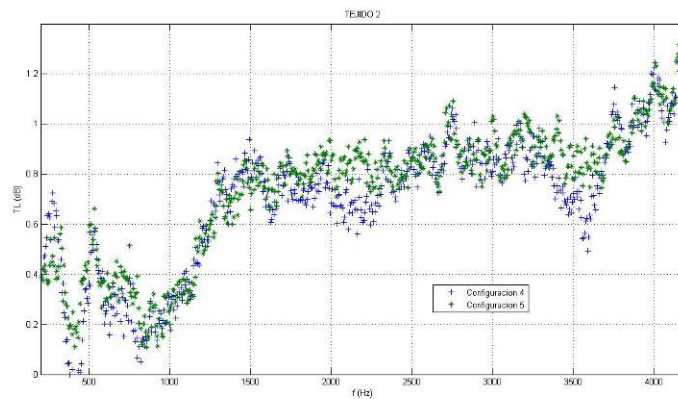


Figura 8- TL (dB) de tejido 2 y configuraciones 4 y 5.

En la figura 9 se muestran los resultados de la configuración 1 y configuración 5, de la muestra de PET, cortada o sin cortar.

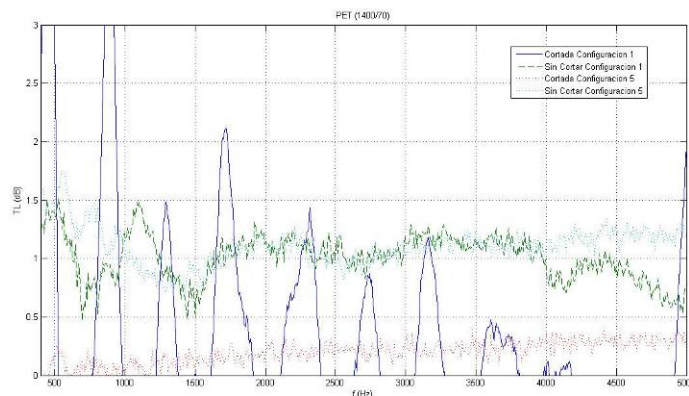


Figura 9 – Influencia de la colocación de la muestra a ensayo, cortada y situada en el interior del tubo o sin cortar e insertada a través del tubo.

4 Conclusiones

En este trabajo se muestran los resultados preliminares de la puesta en marcha de un dispositivo de la medida de las pérdidas por transmisión a partir de tubos de impedancia. El dispositivo ha sido diseñado por los mismos autores del trabajo. Queda todavía mucho trabajo para poder dar por válidos, a partir de este dispositivo, un valor absoluto de TL (dB). Hay que determinar la validez a bajas y altas frecuencias, estudiar detenidamente las transmisiones indirectas, etc. Sí que se pueden mostrar valores comparativos de las pérdidas por transmisión, tanto de materiales absorbentes como de materiales que se comportan como capas impermeables al sonido de baja masa.

Ha sido necesario acondicionar la terminación del dispositivo de medida para poder obtener la condición de “terminación anecoica”. Se observa en la figura 4, que con la configuración 4 la terminación presenta valores del coeficiente de absorción muy próximos a la unidad, ya a frecuencias muy bajas.

Las posibles influencias de las transmisiones indirectas se evidencian en la figura 7. No se muestran los mismos valores de TL ni la misma estabilidad de éstos cuando la placa de combinado de yeso se apoya sobre la mesa de trabajo (transmisión indirecta) que cuando se evita esta transmisión. Este hecho hace plantear a los autores la configuración 5.

A partir de los resultados reflejados en la figura 5, donde la muestra sometida a ensayo es un material absorbente, se puede concluir que para este tipo de materiales existe una diferencia considerable entre las condiciones de la configuración 1 y el resto de configuraciones. Los resultados de las configuraciones 3, 4 y 5 difieren, más que en valores, en validez frecuencial y en estabilidad de los mismos. La influencia de las condiciones de ensayo, no son tan significativas en el caso de materiales que se comportan como capas impermeables (el caso de los tejidos o la placa de yeso, figuras, 6 y 8). Para estas muestras, como cabía esperar, la influencia de las transmisiones indirectas es mayor.

Por último, y relacionado con la transmisión de la onda sonora a través de la muestra dentro del dispositivo de ensayo, se puede observar en la figura 9 como la colocación de la muestra en el dispositivo es determinante para una buena estimación de TL. Con el dispositivo de medida que se presenta en este trabajo, la muestra no debe de ser cortada e introducida en el segundo tubo de impedancia, sino debe ser insertada en el propio dispositivo y dejar que la onda sonora fluya a través de ella, evitando así fluctuaciones en la superficie y bordes de la muestra.

Agradecimientos

Este trabajo está subvencionado por la Conselleria de Educación de la Generalitat Valenciana, dentro del programa de ayudas para la realización de proyectos de I+D para grupos de investigación emergentes. Forma parte del proyecto GV/2012/066, “soluciones al ruido de tráfico rodado a partir de eco-materiales de bajo coste”.

Referencias

- [1] UNE EN 29053:1994. Materiales para aplicaciones acústicas. Determinación de la resistencia al flujo del aire. (ISO 9053:1991).
- [2] Ingard K.U., Dear T.A. Measurement of acoustic flow resistance. *J.Sound Vib*, 103(4), 1985, 567-572.
- [3] UNE EN 10534-2: 2002. Acústica. Determinación del coeficiente de absorción acústica y la impedancia acústica en tubos de impedancia. Parte 2: Método de la función de transferencia.
- [4] 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.
- [5] Giulio Pispola, Kirill V. Horoshenkov, Francesco Asdrubali. Transmission loss measurement of consolidated granular media. *J. Acoust. Soc. Am.*, 117(5), 2005, 2716-2719.
- [6] Bryan H. Song, Stuart Bolton. A transfer-matrix approach for estimating the characteristic impedance and wave numbers of limp and rigid porous materials. *J. Acoust. Soc. Am.*, 107(3), 2000, 1131-1152.
- [7] Y. Chen and N. Jiang. Carbonized and Activated Non-woven as High Performance Acoustic Materials: Part II. Noise insulation. *Textile Research Journal*, 79(3), 2009, 213-218.
- [8] Olivero Oliveri, J. Stuart Bolton. Measurement of transmission loss of materials using a standing wave tube. *Inter-Noise 2006*. Honolulu, Hawaii, 3-6 Decembre 2006.
- [9] J.Alba, J.Ramis, E. Julia, E. Escuder “Incertidumbre en la medida del coeficiente de absorción para incidencia normal”. V Congreso Iberoamericano de Acústica, Santiago de Chile, 25 octubre de 2006.
- [10] E Julia, J. Alba R del Dey J. Ramis “Incertidumbre en la medida de la resistencia al flujo con el Método de Ingard & Dear”. 37 Congreso Nacional de Acústica, Oporto, 18-10-2006”.
- [11] Romina del Rey, Jesus Alba, Jorge P. Arenas, Vicente J. Sanchis. An empirical modelling of porous sound absorbing materials made of recycled foam” .*Applied Acoustics* 73, 2012, 604–609