

## MEJORA DEL AISLAMIENTO ACUSTICO DE MATERIALES EN PLACA POR EFECTO DE SU AMORTIGUAMIENTO

F. Simón, C. de la Colina, A. Moreno  
Instituto de Acústica (C.S.I.C.)

### INTRODUCCION

El aislamiento acústico de divisorios depende notablemente del amortiguamiento para frecuencias por encima de la crítica. En el entorno de la frecuencia crítica es, de hecho, el único factor determinante del aislamiento acústico. Cuando no se puede aumentar el aislamiento acústico por desplazamiento de la frecuencia de coincidencia hacia uno de los extremos del intervalo de frecuencias de interés, la alternativa es aumentar el amortiguamiento del material. En el presente trabajo se estudia cómo afecta la adición de una capa amortiguadora al aislamiento acústico de muestras en forma de placa.

### BASES TEORICAS

El amortiguamiento puede considerarse como una medida de la eficiencia de conversión de energía mecánica en calor, aunque existan pérdidas de energía debido a otras causas. Como estimación del amortiguamiento se mide el factor de pérdidas, que se define como la fracción de energía mecánica disipada por ciclo. Al definirlo como cociente de energías es aplicable a cualquier mecanismo de amortiguamiento de tal forma que el factor de pérdidas total será la suma de todos ellos. Sin embargo normalmente predomina uno sólo, por lo que pueden despreciarse los restantes. En estas condiciones es fácil comprobar que la pérdida de energía tiene una evolución exponencial [1] del tipo:

$$E = E_0 \exp(-\eta\omega t) \quad (1)$$

Donde E es la energía que permanece en el sistema al cabo de un tiempo t,  $\eta$  el factor de pérdidas,  $\omega$  la frecuencia angular y  $E_0$  la energía inicial del sistema.

Para obtener de forma rigurosa la variación del factor de pérdidas con la frecuencia habrá que determinar todas las frecuencias de resonancia de la muestra y calcular  $\eta$  para cada una de ellas. En vez de esto, si sólo se quiere tener una visión general del comportamiento del factor de pérdidas en una banda de frecuencias es razonable asignar a esta banda el promedio del valor que toma en cada uno de los

modos que incluye dicha banda. A efectos de diseño e ingeniería este nivel de aproximación es suficiente.

El amortiguamiento de estructuras viene a menudo dominado por mecanismos que no pueden ser predichos con gran precisión [2], [3] (pérdidas en las juntas, radiación, etc.) y, por ello, resulta de gran interés el disponer de un sistema experimental capaz de obtener el valor de su factor de pérdidas.

La manera más simple de medir el factor de pérdidas consiste en excitar las resonancias comprendidas en la banda de interés y medir el tiempo de extinción de la vibración una vez que se suprime la excitación. Como tiempo de extinción se toma el tiempo de reverberación ( $T_{60}$ ) que es el tiempo que tarda la energía de la señal en reducirse a la millonésima parte de valor inicial (60dB), una vez que cesa la excitación; es decir:

$$E/E_0 = 10^{-6} = \exp(-\eta\omega T_{60}) \Rightarrow \eta = 2.2/f_n T_{60} \quad (2)$$

Este método tiende a ponderar en mayor medida el amortiguamiento del modo con menor factor de pérdidas, ya que este seguirá activo una vez que el resto se haya extinguido. Por esto los valores así obtenidos suelen ser algo inferiores a los reales, salvo que el valor de  $\eta$  sea comparable para todas las resonancias de la banda considerada. También se puede reducir el error mediante el análisis de la pendiente inicial de caída de la señal y una elección cuidadosa del material del excitador, así como del equipo de adquisición de la señal.

## METODO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS

Se utilizaron como muestras placas simples con una capa amortiguadora en una de sus caras y placas dobles con una capa amortiguadora en su interior. En este segundo caso se tenía interés, a la vez, en la eficacia del procedimiento de aplicación de la capa amortiguadora. Para este propósito se utilizaron muestras de  $2.7 \times 0.45 \text{ m}^2$ , con nervaduras longitudinales de aproximadamente 1cm de espesor, unidas con mortero de agarre a lo largo de las aristas longitudinales hasta obtener una superficie total de  $11.15 \text{ m}^2$ . En las placas dobles la unión se realiza por machihembrado con mortero de agarre, también en las aristas longitudinales. Como amortiguador se utilizó una capa a base de productos bituminosos encolada en una de sus caras en las placas simples y, simplemente, puestas en los huecos dejados por las nervaduras, en las placas dobles.

Las placas se sujetaron perimetralmente al porta muestras de la cámara de transmisión de tal forma que se aseguraba el predominio de las pérdidas internas frente a otros mecanismos de disipación de energía (pérdidas estructurales). Esto aseguraba el que la ley de extinción energética fuera del tipo exponencial para cada modo normal.

El rango de frecuencias estudiado comprendió las bandas de tercio de octava de 100 a 4000 Hz, ambas incluidas, como es habitual en experiencias de acústica arquitectónica. El aislamiento acústico normalizado se midió siguiendo las versiones más modernas, en curso de aprobación, de la norma ISO 140, la cual incluye las características de los laboratorios, la precisión de los métodos seguidos y los de la medición en sí misma.

El factor de pérdidas se determinó mediante la medida de la extinción de una

Fsimón, C. de la Colina, A. Moreno

excitación impulsiva y la aplicación de la ecuación (2). Dicha excitación se produjo por impacto de un martillo de 0.24Kg girando 90° en caída libre sobre el extremo del mango de 22cm de longitud a partir de la posición inicial horizontal. La vibración inducida en la muestra fue detectada en varios puntos por un acelerómetro de 30.5 g de masa y almacenada en un dispositivo DAT para su posterior análisis [4].

Los valores obtenidos del factor de pérdidas se muestran en las figuras 1, 2, 3, 4 y 5 (En ellas la curva *a* representa el material sin capa amortiguadora y la curva *b* el mismo material al que se le ha añadido una capa amortiguadora). En las figuras 1, 3 y 4 los valores obtenidos en bajas frecuencias no son fiables debido a que los tiempos de reverberación son tan pequeños que la operación de filtrado de la señal produce errores al no cumplirse la relación  $BT60 > 16$  (donde B es el ancho de banda del filtro y T60 el tiempo de reverberación de la señal).[5]. Aunque este condicionante puede ser relajado si el análisis se realiza mediante inversión temporal de la señal [6]. Aún así, en algunos casos no se pueden obtener valores de los primeros tercios de octava y habría que recurrir a algún otro sistema para la medida del factor de pérdidas en estas bandas.

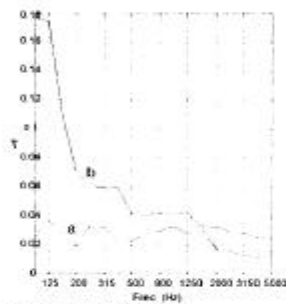


Fig. 1. Muestra 1

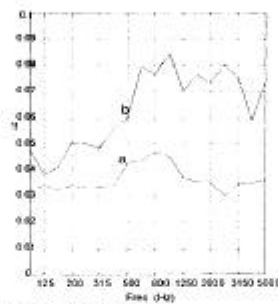


Fig. 2. Muestra 2

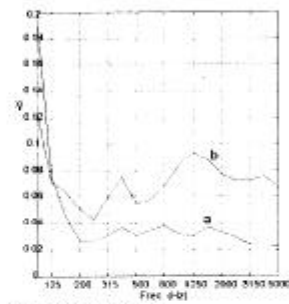


Fig. 3. Muestra 3

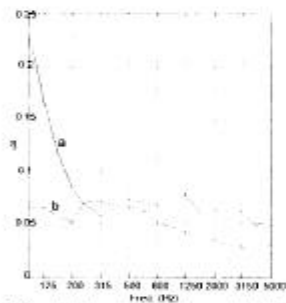


Fig. 4. Muestra 4 (placa doble)

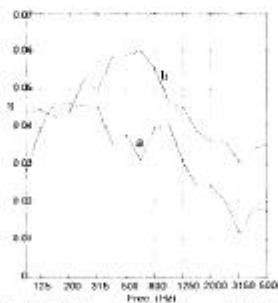


Fig. 5. Muestra 5 (placa doble)

La figura 6 muestra  $\Delta R_A$ , aumento del índice global de aislamiento acústico a ruido aéreo expresado en dBA de las distintas muestras. En ella se puede observar que la adición de capas amortiguadoras a base de productos bituminosos, encolados, produce una mejora apreciable estimada en unos 3dBA en promedio.

## CONCLUSIONES

El aumento del amortiguamiento de paneles permite la mejora del aislamiento acústico de estos materiales; si bien este aumento tampoco puede ser muy elevado y parece que no llegue nunca a exceder los 4-5 dB (3dB en nuestras experiencias).

Fsimón, C. de la Colina, A. Moreno

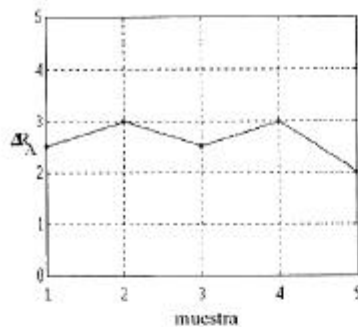


Fig. 6. Incremento del aislamiento por variación del amortiguamiento para cada muestra.

Este resultado hace patente el hecho de que la búsqueda de materiales ligeros para la construcción de tabiques separadores tiene un límite inferior en su densidad superficial, el cual no es aconsejable rebasar. También es digno de hacer notar que la duplicación de la masa de las placas dobles respecto de las simples se tradujo tan sólo en una mejora de 1dBA, en promedio, cuando lo esperable eran unos 5dBA.

En relación al método de medida del factor de pérdidas de estos materiales, que se revela como una magnitud con cierta importancia práctica, se observa que tiene carencias debidas a la naturaleza intrínseca del propio método. Las limitaciones vienen impuestas por la relación  $BT_{60} > 16$  ( $\eta < 0.03$ ). Si el análisis se hace invirtiendo el sentido temporal de la señal se pueden llegar a relaciones de  $BT_{60} > 4$  ( $\eta < 0.1$ ), que si bien mejoran las capacidades del método no son suficientes, en algunos casos, lo que hace necesario la búsqueda de métodos alternativos para la medida del factor de pérdidas, tanto más cuanto mayores sean los amortiguamientos.

## REFERENCIAS

- [1] L. Cremer, M.Heckl, "Structure-Borne Sound", Springer-Verlag Eds. 1988.
- [2] L. L. Beranek, "Noise and Vibration Control" Mc Graw-Hill 1971.
- [3] E. Gerretsen. "How Indifferent is the Sound Reduction Index of a Wall to Its Boundary Conditions?" Inter-Noise 90, vol 1 pp 47-50.
- [4] F. Simón, C. de la Colina, A. Moreno "Una técnica de impactos para la medida del factor de pérdidas de materiales en placa." XXIII Reunión Bienal de la R.S.E.F. vol 2 pp 551-552.
- [5] F. Jacobsen, "A note on Acoustic Decay Measurements", J. of Sound and Vibration (1987) 115(1) pp163-170.
- [6] F. Jacobsen & j. H. Rindel " Time reversed Decay Measurements", J. of Sound and Vibration (1987) 117(1) pp.187-190.