

## TRASDOSANTES 'DUROS' A LA FLEXION DE GRAN EFICIENCIA ACUSTICA

PACS: 43.55.Ev

Antonio Moreno (\*), Francisco Simón, Carlos de la Colina, M<sup>a</sup> J. Fernández  
Instituto de Acústica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
Serrano 144  
28006 Madrid. España  
Tel: 34 915 618 806  
E-mail: amoreno@ia.cetef.csic.es

### ABSTRACT

This paper deals with the sound insulation improvement of a new type of wall backings: 'hard' flexural backings with critical frequency below 500 Hz. Main factors governing the sound insulation improvement process are analyzed as well as their influence on the shape of the  $\Delta R(f)$  curve. Values of global quantity  $\Delta R_A$  for the best conditions are found to be superior to 25 dBA, for the reference curve of low critical frequency curve as well as for the reference curve of medium critical frequency. A new line of acoustically efficient wall backing products is open of particular interest in buildings. The report concludes indicating some trends on more efficient spectral shapes of  $\Delta R(f)$ .

### RESUMEN

Se estudian las características y condicionantes principales de la mejora del aislamiento acústico de un nuevo tipo de trasdosante: los trasdosantes 'duros' a la flexión, que sitúan su frecuencia crítica por debajo de 500 Hz. Se analizan los factores principales del proceso de mejora y su repercusión en la curva  $\Delta R(f)$ . Se encuentran valores globales de la mejora de aislamiento que pueden superar 25 dBA, tanto para la curva de referencia representativa de divisorios principales (donde se aplica el trasdosante) con  $f_c$  en baja frecuencia como para la curva de referencia en frecuencia media. Se abre por tanto una nueva línea de productos acústicos aislantes de particular interés en edificación y se marcan las pautas de formas espectrales de  $\Delta R(f)$  de máxima eficacia.

### ANTECEDENTES

Los trasdosados ligeros constituyen una opción muy atractiva en construcción para alcanzar grandes valores de aislamiento acústico cuando se aplican a divisorios tradicionales [1]. Una parte importante de su éxito radica en su poco peso y escaso espacio que ocupan, así como su compatibilidad con cualquier sistema constructivo; otra parte lo constituyen sus altos valores de aislamiento acústico que se adicionan aritméticamente al propio del divisorio al que se adosan e incluso un segundo trasdosado todavía mantiene una parte importante de sus propiedades [2]. De esta manera se pueden conseguir divisorios trasdosados que con la misma masa y espesores equivalentes que divisorios de albañilería tradicional presentan valores medios de aislamiento acústico superiores a 20 dBA, en promedio [3].

En un trabajo anterior [1], presentábamos un modelo numérico para el cálculo de la curva de mejora del aislamiento acústico,  $\Delta R(f)$ , para trasdosados altamente desacoplados del divisorio principal que representaba una mejora sobre los modelos de Heckl [4] y derivado de Sharp [5]. Según este modelo se consiguen valores significativos de  $\Delta R(f)$  entre la frecuencia de resonancia de London y la frecuencia crítica del trasdosado.

Cabe preguntarse si es posible conseguir comportamientos semejantes cuando los elementos de trasdosado ya no están sometidos a la condición de que el intervalo de frecuencia entre las frecuencias de London y crítica del trasdosado comprenda la práctica totalidad del rango de frecuencias de interés (100-5000 Hz). En este trabajo damos una respuesta positiva a esta cuestión, apuntada por primera vez en el CSTB [6], y se describen los parámetros que condicionan este comportamiento en un nuevo tipo de elemento constructivo de relevantes propiedades de aislamiento acústico, lo cual abre nuevas e interesantes posibilidades constructivas.

## FUNDAMENTOS DE LA MEJORA DE AISLAMIENTO ACUSTICO DE TRASDOSANTES LIGEROS

Los trasdosantes ligeros aplicados sobre paredes de una hoja son un caso particular de los divisorios de doble hoja, y como en éstos la variabilidad de situaciones es muy amplia dependiendo fundamentalmente de los tipos de conexión entre el trasdosado y la pared principal (o portadora), de la frecuencia crítica de cada hoja, de la separación entre éstas (profundidad de la cavidad), del relleno de la cavidad y en menor medida de las dimensiones del divisorio [1]. En edificios reales depende, además, de los divisorios circundantes y de su modo de conexión con ellos [2].

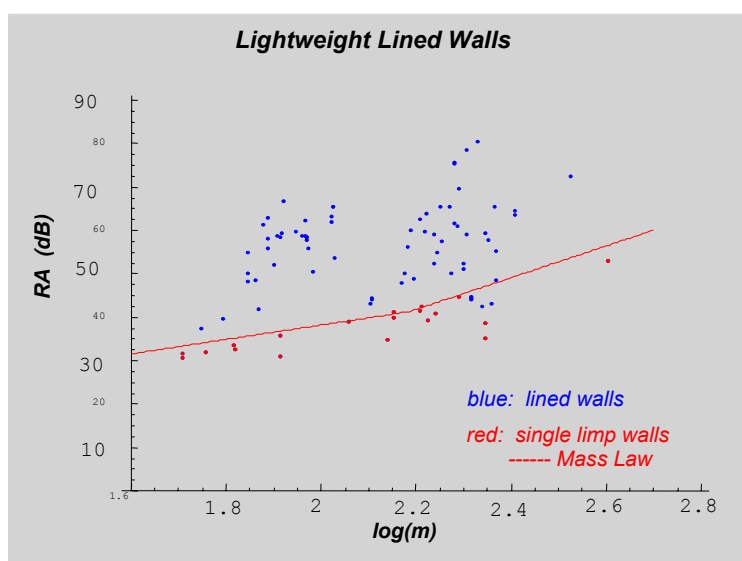


Figura 1. Aislamiento global  $R_A$  de divisorios de albañilería tradicional con un trasdosado ligero

Los divisorios con trasdosantes ligeros presentan cotas de aislamiento bastante mayores que los divisorios de albañilería tradicional de una hoja como se muestra en la Figura 1. La gran disparidad de valores de aislamiento para valores semejantes de la masa muestra claramente la dependencia del aislamiento de múltiples factores como se ha indicada anteriormente. (Nótese que incluso hay casos de trasdosados con efectos negativos).

El primer modelo teórico específico del comportamiento de trasdosados ligeros, que nos parece significativo, se debe a Heckl [4] y proporciona la mejora del aislamiento respecto a la ley de masa para paneles trasdosantes fijados a la pared soporte mediante uniones por puntos o por líneas. Esta mejora quedaría definida entre la frecuencia de resonancia de London del sistema,  $f_0$ , y la frecuencia crítica del panel trasdosante  $f_c$ , y por definición se supone que  $m_1 \gg m_2$ . Además la profundidad de la cavidad debe ser pequeña para que la resonancia asociada sea superior a la frecuencia crítica del elemento trasdosante. La mejora comienza en  $f_0$ , con una

pendiente de 12 dB/octava hasta alcanzar asintóticamente un valor de meseta que depende del tipo de fijación del trasdosante y de su frecuencia crítica  $f_c$  extremo del intervalo de frecuencia hasta el que se extiende la mejora. No indica nada sobre posibles mejoras o no después de esta frecuencia. La gran diferencia entre la masa del trasdosante y del divisorio portador y el alto grado de desacoplo entre ambas dota a estos elementos de un carácter propio ya que sus propiedades no dependen prácticamente mas que de ellos mismos. Permanece inalterada la frecuencia crítica del trasdosante, y son escasamente significativos los cambios que el divisorio portador ejerce en los dos restantes parámetros fundamentales: frecuencia de resonancia de London y valores asintóticos de la curva de mejora de aislamiento entre ambas frecuencias [1]

En un trabajo anterior [1] hemos mostrado con trasdosantes ligeros se pueden obtener mejoras de aislamiento acústico todavía significativas por encima de  $f_c$ , frecuencia a partir de la cual nuestro modelo de predicción indica un crecimiento con pendiente de 9 dB/octava, que en nuestra práctica experimental resulta inferior.

## TRASDOSANTES CON FRECUENCIA CRITICA EN FRECUENCIAS MEDIAS-BAJAS

De todo lo anterior queda la impresión de que solamente con elementos en placa de elevada frecuencia crítica pueden conseguirse valores de  $\Delta R(f)$  con interés en la práctica. El uso sistemático de trasdosantes de fábrica de ladrillo y otros elementos equivalentes así como el uso cada vez más frecuente de suelos flotantes nos ha llevado al estudio prospectivo de estos elementos constructivos.

Hemos mostrado en trabajos anteriores [3], [7], que, para divisorios tradicionales de dos hojas de fábrica de ladrillo con una de ellas de LH de hasta unos 70 mm de espesor, se obtienen aislamientos que pueden superar considerablemente la ley de masa. Este resultado permite pensar en la posibilidad de 'reconvertir' estas hojas en auténticos trasdosantes de eficacia acústica importante, si se consiguen desacoplar suficientemente estas hojas de la hoja principal, mas pesada. A la vista de estos resultados de aislamiento acústico obtenidos para divisorios de dos hojas montadas con bandas elásticas perimetrales estaríamos en condiciones muy favorables para conseguirlo.

Pueden estimarse los valores de la frecuencia crítica  $f_c$ , en hercios de fábricas de ladrillo y de suelos flotantes de mortero de cemento, en función de su espesor  $d$  en centímetros, mediante la ecuación  $f_c = 2160/d$  [8], que para el cemento basta sustituir 2160 por 1900. No obstante las mediciones directas dan mejores resultados para cada caso concreto, por la variabilidad de fábricas de ladrillo en el primer caso y las dosificaciones y áridos en el segundo. Estimativamente encontramos valores de unos 500 Hz e inferiores para fábricas de ladrillo hueco de espesores de 50 mm y superiores, y de 400 Hz e inferiores para suelos flotantes de montero de cemento de 50 mm y superiores. En espesores análogos los tableros de cemento pueden pesar 1.4 veces mas que los de ladrillo y los forjados sobre los que se asientan a su vez pesan unas 1.5 veces mas que los divisorios verticales a los que se aplican los trasdosantes, lo que hace que la frecuencias de London de los combinados respectivos estén muy próximas y casi seguramente algo menores que 100 Hz

La influencia, nada despreciable, del divisorio más pesado (hoja principal) en la frecuencia de London de estos combinados de dos hojas, contribuye a considerar estos trasdosantes como menos propios que los ligeros antes mencionados. Y es así, pero el hecho de aplicarse sistemáticamente a divisorios de masas poco variables permite un uso seguro en la práctica. No obstante cuando la masa de los portadores sea muy diferente deberán tomarse precauciones para asegurar un uso correcto.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Presentamos a continuación algunos resultados notables de trasdosantes de esta naturaleza obtenidos en un estudio experimental planteado para analizar la sensibilidad del resultado respecto de los materiales y elementos constructivos que condicionan los factores acústicos fundamentales (frecuencias de London y crítica, grado de desacoplo, amortiguamiento y

pérdidas) determinantes de la mejora del aislamiento acústico de estos elementos. En concreto se ha estudiado la influencia de la pared portadora, de los absorbentes de la cavidad, y de los materiales de las bandas elásticas perimetrales de la hoja trasdosante.

Las curvas  $\Delta R(f)$  obtenidas se caracterizan por un incremento importante a partir de la frecuencia de London que disminuye progresivamente al acercarse a la frecuencia crítica de la hoja trasdosante, donde alcanzan un mínimo relativo. A partir de esta frecuencia se observa un nuevo crecimiento para mediante un decremento o incremento de la pendiente converger a un valor asintótico. Las resonancias de la cavidad entre hojas y de las cavidades interiores de los ladrillos añaden elementos de modulación a las formas anteriores descritas.

Se han utilizado dos paredes principales de ladrillo de ½ pié (110 mm de las piezas de ladrillo mas un guarnecido de yeso de 10 mm, en su cara externa), montadas tradicionalmente: una de ladrillo macizo y otra de ladrillo hueco doble,

Al haber mantenido casi constante la lana mineral de la cavidad (unos 60 Kg/m<sup>3</sup>, con diámetros de fibra casi idénticos), la influencia de este factor no muestra variaciones en los resultados de las distintas situaciones estudiadas, cuyas diferencias dependen del tratamiento perimetral de la hoja de LH, que consideraremos en detalle mas adelante.

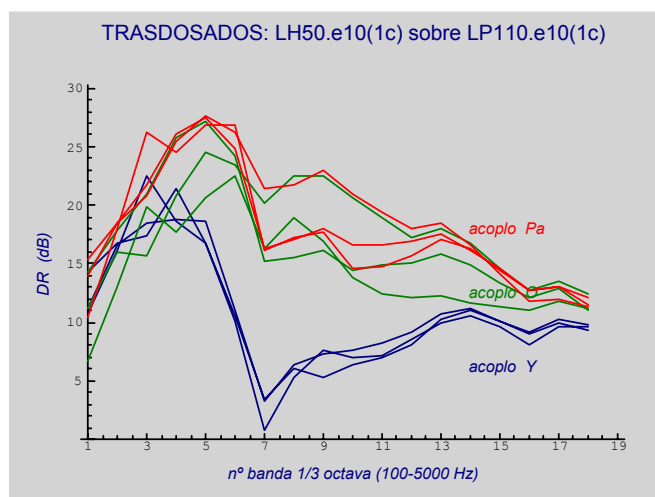


Figura 2. Incremento del aislamiento acústico de trasdosantes de ladrillo hueco de 50 mm.y lana mineral en la cavidad aplicados a una pared LP110.e10.(1c) con montaje tradicional.

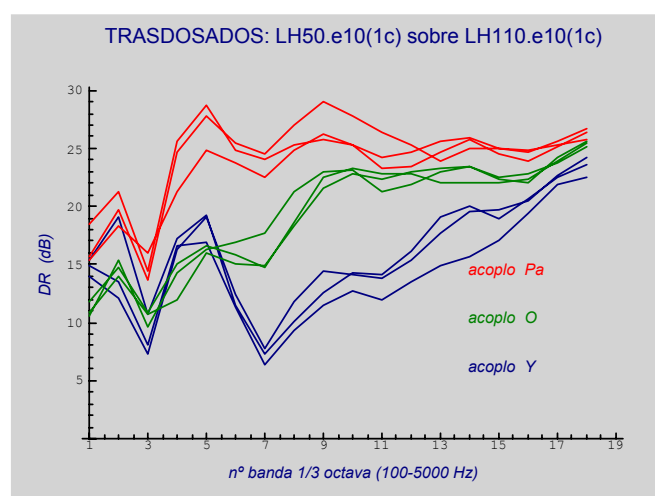


Figura 3. Como la Figura 2, con el trasdosante de LH aplicado a una pared LHD110.e10.(1c) con montaje tradicional.

Se han usado bandas perimetrales de poliestireno elasticado y de un aglomerado de granza de caucho. La influencia relativa observada para los dos materiales de estas bandas se sitúa entre  $\pm 2$  dB, en todas las situaciones consideradas. Se ha estudiado además la influencia de tres tipos de elementos de acoplamiento adicional a las bandas: a) un puentado perimetral de yeso (Y) que transforma el conjunto en un divisorio de dos hojas prácticamente tradicional; b) la banda elástica perimetral desnuda (O), y c) la adición perimetral de una masilla amortiguadora (Pa). La influencia de este acoplamiento perimetral aparece como factor determinante: para cada pared principal las curvas experimentales se agrupan prácticamente en función de este elemento, cuyo que resulta el factor determinante de la mejora de aislamiento acústico del trasdosado.

La pared principal del divisorio tiene también una importancia aparentemente grande, como se puede concluir de la inspección comparada de las figuras 2 y 3, resultando mas importantes las mejoras cuando los trasdosantes se aplican a divisorios mas ligeros. Sin embargo la valoración global de la mejora de aislamiento modera estas diferencias por las características específicas de esta valoración global. En la tabla que sigue se muestran las valoraciones globales de los trasdosantes de las citadas figuras 2 y 3., valorados sobre las dos curvas de referencia de la norma ISO correspondiente [9].

Tabla 1: Valores globales  $\Delta R_A$  de trasdosantes de ladrillo (LHS50.e10) con lana mineral en la cavidad(40mm, 64 Kg/m3)

Pared soporte →		LP110.e10		LHD110.e10	
Pared referencia →		crM	crL	crM	crL
EEPS	Y	7.3	8.7	10.6	10.8
	O	15.8	17.7	18.3	15.9
	Pa	17.5	19.1	24.9	22
GrGo	Y	6.5	8.2	11.8	12
	O	19.8	19.5	17.7	14.9
	Pa	20.5	21.4	23.8	21.8

En estas tablas se indican con crM y crL las curvas de referencia para la pared 'soporte' con frecuencias críticas situadas en frecuencias medias y bajas respectivamente.

Queda patente en esta Tabla 1 la importancia que estos elementos trasdosantes pueden tener en el aislamiento total del divisorio al que se apliquen, representando, aparte de la novedad del trasdosante en si, una opción nada despreciable en el diseño acústico de divisorios de altas prestaciones de aislamiento acústico.

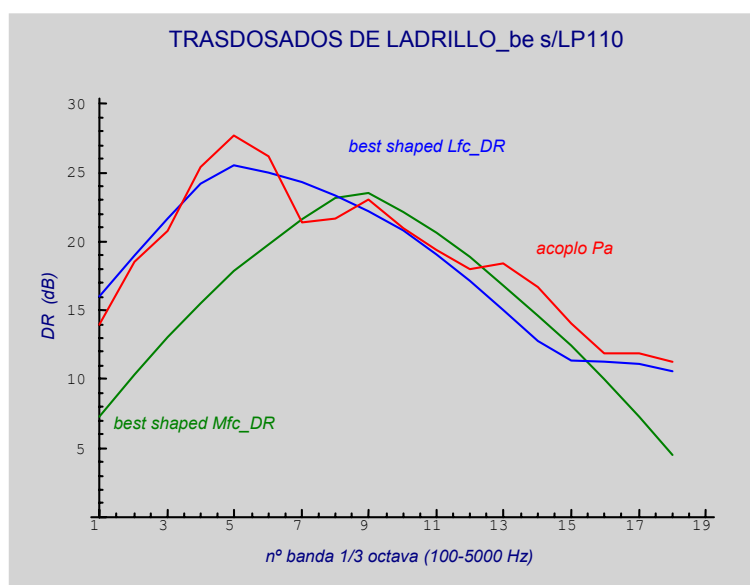


Figura 4. Curvas  $\Delta R(f)$  experimentales comparadas a las curvas de óptima conformación espectral para las curvas de referencia crM y crL, con semejantes valores globales de mejora de aislamiento acústico

En la Figura 4 se ilustra, mediante la adaptación de las curvas de optima conformación espectral para las referencias crM y crL, [10] el por qué de los altos valores de la mejora global y la 'proximidad' de valores globales para ambas curvas de referencia.

## CONCLUSIONES

Se presenta un nuevo tipo de elementos trasdosantes de paredes y forjados y se analizan los factores constitutivos fundamentales que controlan la forma y cuantía de sus curvas de mejora del aislamiento acústico,  $\Delta R(f)$ .

Se aportan los valores de la mejora atribuibles a los factores constitutivos fundamentales de estos trasdosantes.

Se describe el carácter asintótico de estas curvas  $\Delta R(f)$  en el extremo superior de intervalo de frecuencia considerado, indicando su dependencia exclusiva de la relación de las masas de la hoja principal y del la hoja trasdosante.

Se resalta el interés en la edificación de estos trasdosantes ya que se alcanzan valores tan importantes como 25 dBA y superiores, que se justifica por su analogía con las formas espectrales de máxima eficiencia para las curvas de referencia de frecuencias críticas en medias y bajas frecuencias, formas que por tanto deben perseguirse el desarrollo de estos materiales.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Moreno, F. Simón, C. de la Colina, M<sup>a</sup> J. Fernández, Trasdoados ligeros: una técnica emergente en aislamiento acústico frente al ruido aéreo, Congreso Ibérico de Acústica, Tarrasa 005
- [2] Norma UNE EN 12354/1
- [3] A. Moreno, F. Simón, C. de la Colina, M<sup>a</sup> J. Fernández, P. Luque, D. Fernández, *Divisorios ligeros de ladrillo que superan las exigencias del CTE*, I Congreso Nacional de Aislamiento Térmico y Acústico, de AECOR, Madrid, 7-9 Junio 2006
- [4] M. Heckl, « Untersuchungen über die Luftschalldämmung von Doppelwänden mit Schallbrücken », *Proc. Intern. Congr. Acoust., 3d, Stuttgart, 1959, Vol. II*, Elsevier, 1961
- [5] B. H. Sharp, « A study of techniques to Increase the Sound Insulation of Building Elements », *Report WR 73-S, prepared for Department of Housing and Urban Development, Washington, DC, under contract H-1095*, Wyle Laboratories, 1973
- [6] J. Roland, M. Villot, *comunicación personal*, 1986
- [7] A. Moreno, F. Simón, C. de la Colina, M. J. Fernández, P. Luque & D. Fernández, *Trasdoados Avanzados de Mampuestos de Ladrillo: Alternativa de Aislamiento Acústico en Edificios*, V Congreso Iberoamericano de Acústica, Santiago de Chile, Octubre 2006
- [8] A. Moreno, C. de la Colina, *Acústica de la Edificación*, UNED y Fundación Escuela de la Edificación, 5<sup>a</sup> Edición, Madrid, 2005
- [9] ISO/DIS 140-16, 2003
- [10] Moreno A., Colina C. de la, Simón F., Peña M. A., 'Reference Curves for Global Rating of Sound Insulation Improvement of Lightweight Partition Linings', 18th ICA Congress, Kioto 2004

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado dentro del Programa Nacional de Investigación PN 2004, Proyecto: BIA 2004-07 102-CO3-01.

Se agradece a HISPALYT (Asociación Española de Fabricantes de Piezas de Arcilla Cocida) las facilidades de materiales y montajes de los elementos estudiados experimentalmente.