

“Medida simultánea de índices de reducción sonora aparente en diferentes paneles mediante técnica intensimétrica”

*Arana, M.; San Martín, R.; Martín, J.
Laboratorio de Acústica. Departamento de Física
Universidad Pública de Navarra
Campus de Arrosadia, 31006 Pamplona. Spain
E-mail: marana@unavarra.es*

PACS: 43.55 Rg-43.58 Fm

Resumen

La norma ISO 140-4 permite la determinación, in situ, del índice de reducción sonora aparente aportado por un elemento constructivo. La norma se basa en la medida del aislamiento acústico bruto, como diferencia de niveles de presión sonora en recintos emisor y receptor, junto con las oportunas correcciones debidas a las características absorbentes del recinto receptor, a fin de normalizar la medida. El resultado informa del aislamiento del elemento constructivo en su conjunto, sin capacidad de discriminar las vías de transmisión en el supuesto de que existan diferencias de aislamiento entre diferentes partes del elemento, o bien existan defectos constructivos en las uniones. La técnica intensimétrica permite, en principio, llevar a cabo tal discriminación, aportando información cuantitativa de los posibles puentes acústicos. Todavía más, en adecuadas condiciones de medida, puede utilizarse para evaluar el aislamiento individual en soluciones constructivas compuestas por diferentes paneles. En el presente trabajo, se aportan los resultados obtenidos para la medida simultánea del índice de reducción sonora aparente en tres paneles diferentes.

Abstract

ISO 140-4 allows the determination of the apparent sound reduction index for a building element from field measurements. The results obtained inform us on the sound transmission loss of the building element in its entirety. The result does not inform about the transmission ways- in the case that deficiencies are either in the interior of wall or at the junctions

with ground or roof. At least in theory, the intensity method allows such discrimination giving quantitative information of the acoustic flanks. Furthermore, the technique may be used to evaluate the individual apparent sound reduction index of walls built by different panelling. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements, in-situ conditions, using sound intensity is the objective of ISO/DIS 15186-2. The results obtained for apparent sound reduction indices by three panels-simultaneously measured- are presented.

Introducción teórica

Por el método de presión se puede llevar a cabo la medida y evaluación del aislamiento acústico de forma bien contrastada y fiable pero a nivel global, es decir, del paramento de separación en su conjunto, sin capacidad de discernir las vías de transmisión de las diferentes partes del elemento separador. Tal técnica no es capaz de aportar información sobre las vías de transmisión y localización de puentes acústicos, cuestión esta de sumo interés si se desea corregir estas deficiencias en la práctica constructiva. La técnica de intensimetría acústica permite, en las adecuadas condiciones, valorar el aislamiento acústico de cada una de las partes del panel de manera que podemos localizar los puentes acústicos y su influencia en la reducción del aislamiento acústico y, en segundo lugar, podemos utilizar esta técnica para la medida de distintos paneles a la vez. La normativa relativa a esta técnica es la ISO 15186-1, de 2000 [1], para condiciones de laboratorio y la ISO/DIS (Draft) 15186-2 [2], de 2002, para condiciones in situ. Además, la ISO 15186-3 [3], de 2002, estandariza las medidas en bajas frecuencias.

La definición básica para el índice de reducción sonora está basada en la potencia sonora incidente en el espécimen de medida y la potencia sonora que radia tal espécimen. El índice aparente de reducción sonora R' está definido en la UNE-EN ISO140-4 [4] como:

$$R' = 10 \log(W_1 / (W_2 + W_3)) \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

donde :

W_1 es la potencia sonora incidente en el espécimen de medida en la habitación emisora.

W_2 es la potencia sonora radiada por el espécimen de medida en la habitación receptora.

W_3 es la potencia sonora radiada por los flancos en la habitación receptora.

En la norma ISO/DIS (Draft) 15186-2, el índice de reducción sonora aparente para un elemento de construcción que separa una habitación emisora y una habitación receptora, que también puede ser el exterior, es definido como:

$$R'_1 = [L_{pl} - 6 + 10 \log(S)] - [L_{in} + 10 \log(S_m)] \quad (2)$$

donde L_{pl} es el nivel de presión sonora promedio en el recinto emisor y S es la superficie del elemento sometido a ensayo; es deseable el establecimiento de campo difuso en tal recinto. Lógicamente, este primer término se refiere a la potencia sonora incidente sobre la superficie sometida a ensayo en la habitación fuente (W_1 de la ecuación (1)). L_{in} es el nivel de intensidad sonora normal a la pared bajo ensayo en la habitación receptora. S_m es el área de la(s) superficie(s) a ensayar. Este segundo término se relaciona con la potencia radiada a la habitación receptora del elemento de separación bajo ensayo contenido en el volumen de medida (W_2+W_3 de la ecuación (1)).

El volumen de medida es el volumen que forman la(s) superficie(s) de medida (el elemento de construcción bajo ensayo) y alguna superficie adyacente que no radie sonido significativo al elemento de construcción bajo ensayo. Para chequear la radiación sonora de los elementos de construcción a la superficie de medida (que puedan afectar negativamente a la precisión de las medidas) se mide la intensidad a lo largo de la diagonal que cruza la superficie bajo ensayo, $L_{In,Ms}$. Después, orientando la sonda hacia la superficie del posible flanco, se mide la intensidad a lo largo de la línea en el plano de la superficie de medida, $L_{In,Fs}$. Entonces, la siguiente ecuación debe satisfacerse para todos las superficies de flanco contenidos en el volumen de medida:

$$L_{In,Ms} - L_{In,Fs} + 10 \log \left[\frac{S_m}{S_f} \right] > 10 \text{ dB} \quad (3)$$

donde S_f es el área de la superficie de flanco contenida en el volumen de medida.

Para una subárea individual, el índice aparente de reducción sonora es calculado de la ecuación (1) como

$$R'_{ii} = L_{pl} - 6 - L_{mi} + 10 \log(1 + S_{bi}c/8f_0V_i) \quad (4)$$

donde:

L_{mi} es el nivel de intensidad sonora medio sobre la subárea i , con referencia $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

$Kc = 10 \log(1 + S_{bi}c/8f_0V_i)$ es la denominada *corrección de Waterhouse*, siendo S_{bi} el área total de las superficies que limitan la habitación receptora, c la velocidad del sonido en el aire, f_0 la frecuencia central de la octava o de la banda de tercio de octava y V_i el volumen de la habitación receptora.

El índice total de reducción sonora aparente para el espécimen bajo ensayo, calculado a partir de los niveles de intensidad de las subáreas, viene dado por:

$$R'_1 = L_{pl} - 6 - 10 \log \sum K_i S_i 10^{L_{ii}/10} + 10 \log(S) + Kc \quad (5)$$

donde:

K_i es el indicador del sentido de la intensidad; $K_i = 1$ cuando la intensidad se dirige fuera del espécimen de medida y $K_i = -1$ para el sentido opuesto.

El método propuesto permite definir un nuevo término, Q_i , como:

$$Q_i = R'_{ii} - 10 \log S_i \quad (6)$$

Este término cuantifica la contribución de la subárea i para el índice total de reducción sonora. Las subáreas con bajo Q_i son las que transmiten más sonido. En definitiva, una forma de localizar y cuantificar los puentes acústicos.

Todos los valores R_{ii} deben ser utilizados para calcular el índice total de reducción sonora, incluso aquellos que estén indefinidos; por ejemplo, cuando $K_i = -1$ o cuando falle el test del indicador de campo, $F < 10 \text{ dB}$, siendo $F = L_{pl} - L_{in}$.

ISO/DIS 15186-2 expone también la elección de las habitaciones tanto emisoras como receptoras para mejorar la calidad de la medida. Para una conveniente medida habría que medir el indicador de campo en toda las bandas de frecuencia. Si este es mayor de 10 dB en la mayoría de las bandas, habría que añadir material de absorción en la habitación receptora y volver a medir el indicador de campo hasta que sea menor de 10 dB en la mayoría de las bandas.

Si hay suficiente material de absorción en la habitación receptora se debe chequear la intromisión del ruido de fondo. Esto se realiza midiendo la intensidad sonora sobre un escaneo diagonal con el nivel de la fuente reducido en 10 dB, el indicador de campo no debería cambiar (± 1 dB) entre los dos escaneos para las frecuencias de interés. Si esto no se cumple, el nivel de emisión deberá elevarse 10 dB mas que el nivel original y realizar de nuevo el escaneo diagonal. Finalmente, la norma detalla el método de medida, tanto para escaneo como para medida por puntos fijos.

Dispositivo experimental

1.1 Emisión.

2.1.1 Generador de ruido rosa B&K

2.1.2 Amplificador SINMARK EP-150m

2.1.3 Caja acústica SINMARK BR 112 T/A

2.2 Recepción:

2.2.1 Sonómetro B&K tipo 2260 (Investigator).

2.2.2 Sonda de intensidad sonora B&K tipo 3548.

2.2.3 Módulo B&K Building Acoustic Software tipo BZ7204

2.2.4 Módulo de intensidad sonora B&K tipo 7205

2.2.5 Calibrador de intensidad sonora G-51 AB.

1.2 Cámara de transmisión.

La cámara de transmisión consta de dos recintos idénticos (emisión y recepción) de volúmenes iguales a 41.8 m^3 . El hueco de ensayo es un rectángulo de $3.60 \times 2.60 \text{ m}$, con área de 9.36 m^2 . El local receptor está recubierto, en sus parámetros verticales, de fibra de vidrio con gran poder absorbente a fin de reducir la intensidad reactiva.

Medidas realizadas

Las medidas acústicas se han realizado en cámara de transmisión instalando en el hueco de separación de la misma tres especímenes de ensayo de diferente espesor. La técnica utilizada para evaluar el aislamiento de cada subárea ha sido, consecuentemente, la técnica intensimétrica. Concretamente, el procedimiento de medida ha sido el indicado en la norma ISO 15186-1 de 2002.

Para la realización de las medidas se ha seguido el siguiente procedimiento. Previa generación de campo acústico difuso en el local emisor, se ha medido el nivel sonoro en el mismo en las bandas de tercio de octava entre 100 Hz y 3.15 kHz. Posteriormente, se han tomado medidas de intensidad acústica en la cámara receptora. El hueco separador se ha cubierto con tres paneles de $1.20 \times 2.60 \text{ m}$ cada uno con perfilera de aluminio en el perímetro de unión. Las características de los paneles son las siguientes:

Panel 1. Láminas exteriores: chapa de acero lacado de 0.6 mm de espesor. Una de las chapas está perforada con porcentaje de perforación del 40% (diámetro de 5 mm y 7.5 mm de distancia entre centros). Entre ambas chapas se inserta, pegada a ambas caras lana de roca (tipo Rockfeu 520) de 120 Kg/m^3 de densidad y 80 mm de espesor.

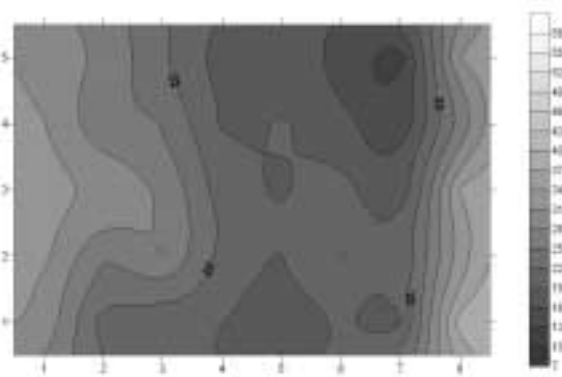
Panel 2 Láminas exteriores: chapa de acero lacado de 0.6 mm de espesor. Una de las chapas está perforada con porcentaje de perforación del 40% (diámetro de 5 mm y 7.5 mm de distancia entre centros). Entre ambas chapas se inserta, pegada a ambas caras lana de roca (tipo Rockfeu 520) de 120 Kg/m^3 de densidad y 40 mm de espesor.

Panel 3 Láminas exteriores: chapa de acero lacado de 0.6 mm espesor. Una de las chapas está perforada con porcentaje de perforación del 40% (diámetro de 5 mm y 7.5 mm de distancia entre centros). Entre ambas chapas se inserta, pegada a ambas caras lana de roca (tipo Rockfeu 520) de 120 Kg/m^3 de densidad y 28 mm de espesor.

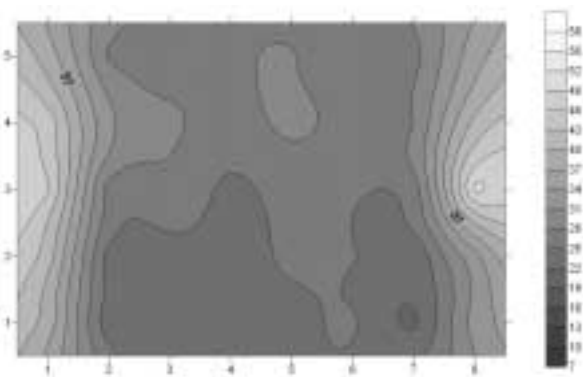
Hemos tomado 10 subáreas por panel, todas ellas iguales. Por tanto se han evaluado aislamientos de 30 subáreas. El aislamiento de cada panel se ha calculado combinando los aislamientos de las 10 subáreas que lo componen.

Resultados

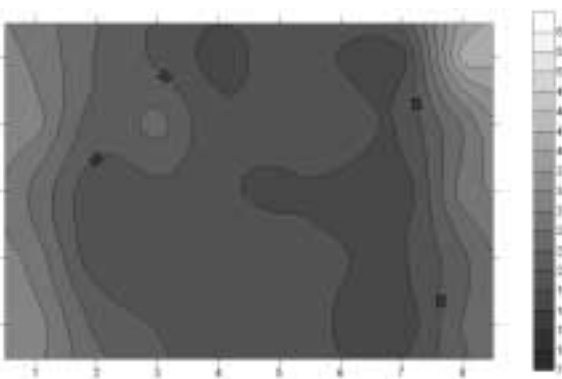
Expresaremos los resultados obtenidos tanto mediante gráfico como mediante tabla. En las figuras siguientes se



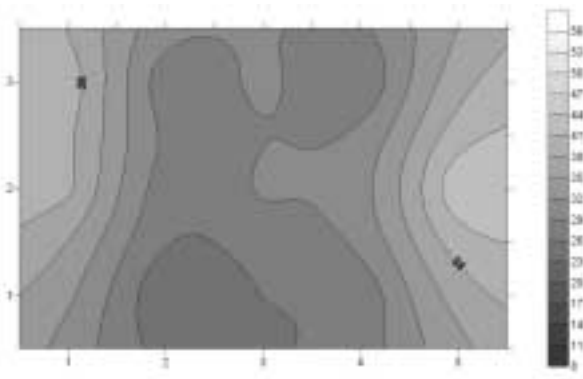
Banda de 1/3 de octava centrada en 100 Hz



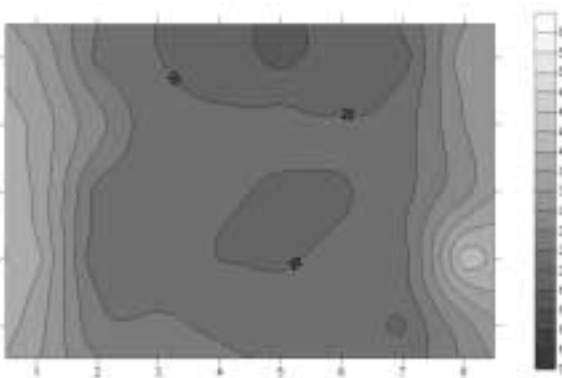
Banda de 1/3 de octava centrada en 250 Hz



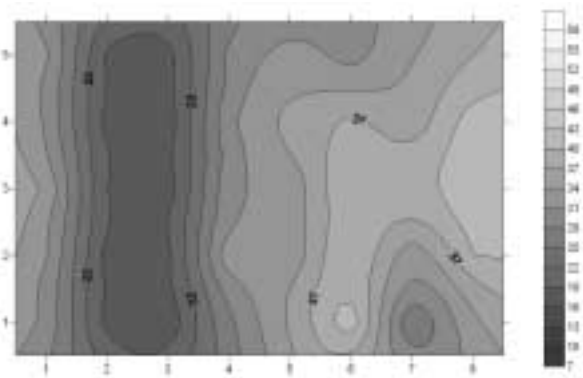
Banda de 1/3 de octava centrada en 125 Hz



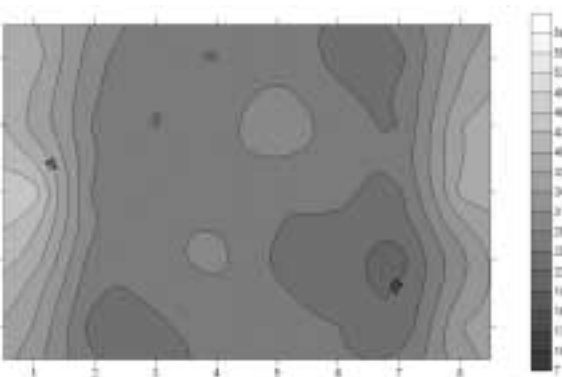
Banda de 1/3 de octava centrada en 315 Hz



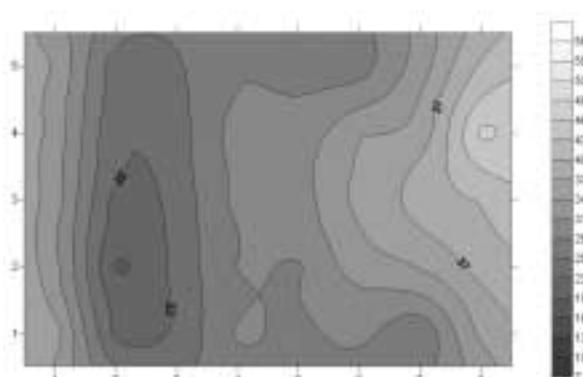
Banda de 1/3 de octava centrada en 160 Hz



Banda de 1/3 de octava centrada en 400 Hz



Banda de 1/3 de octava centrada en 200 Hz



Banda de 1/3 de octava centrada en 500 Hz

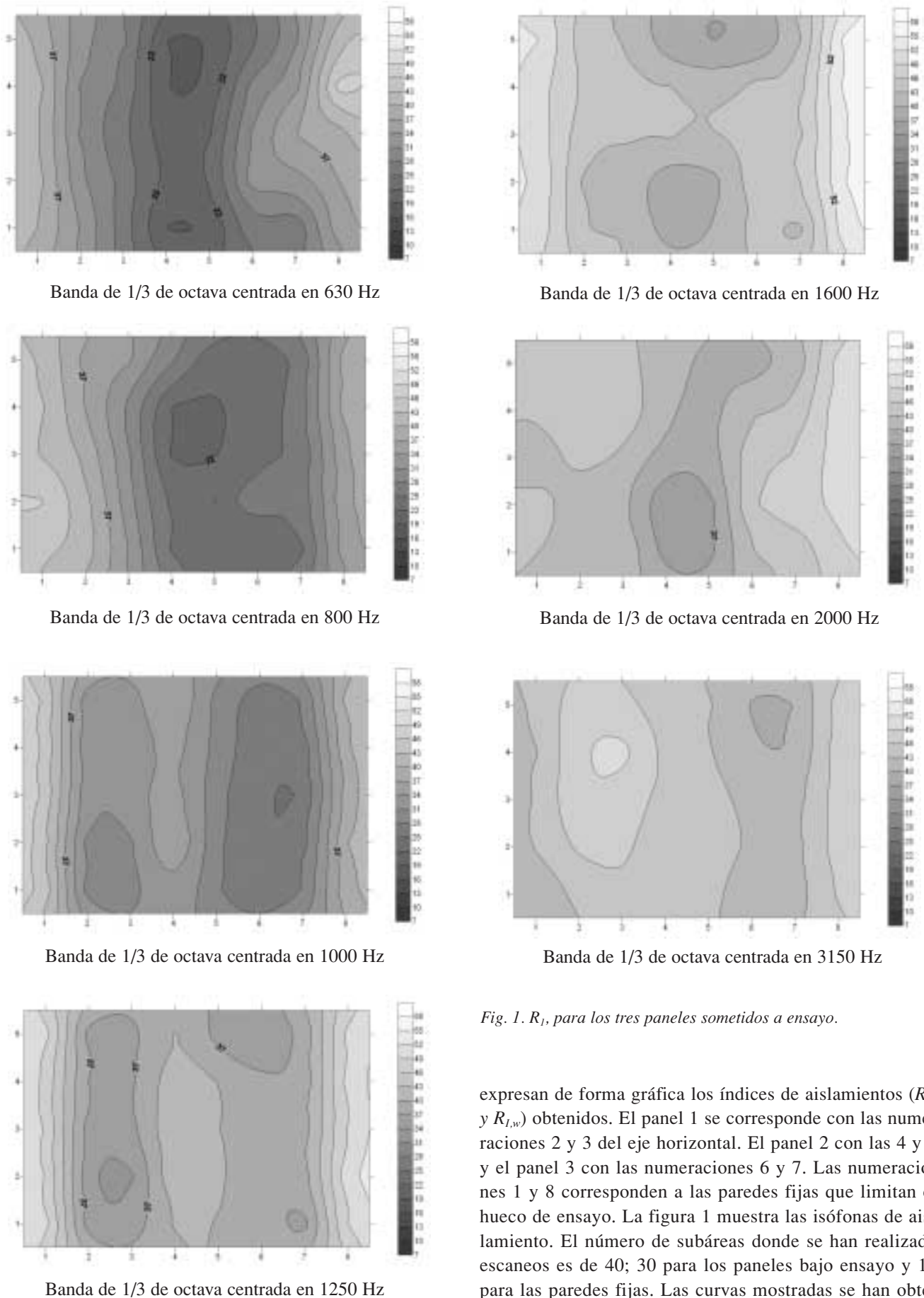


Fig. 1. R_{1i} , para los tres paneles sometidos a ensayo.

expresan de forma gráfica los índices de aislamientos (R_{1i} y $R_{1,w}$) obtenidos. El panel 1 se corresponde con las numeraciones 2 y 3 del eje horizontal. El panel 2 con las 4 y 5 y el panel 3 con las numeraciones 6 y 7. Las numeraciones 1 y 8 corresponden a las paredes fijas que limitan el hueco de ensayo. La figura 1 muestra las isófonas de aislamiento. El número de subáreas donde se han realizado escaneos es de 40; 30 para los paneles bajo ensayo y 10 para las paredes fijas. Las curvas mostradas se han obte-

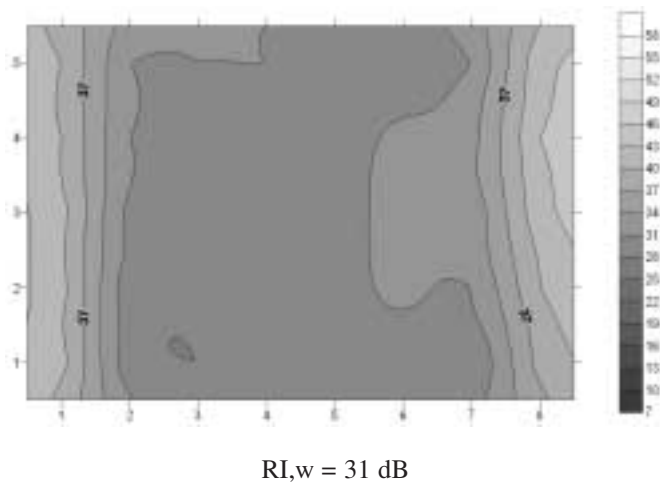


Fig. 2. $R_{I,w}$ (100 Hz – 3.15 kHz) para los tres paneles sometidos a ensayo.

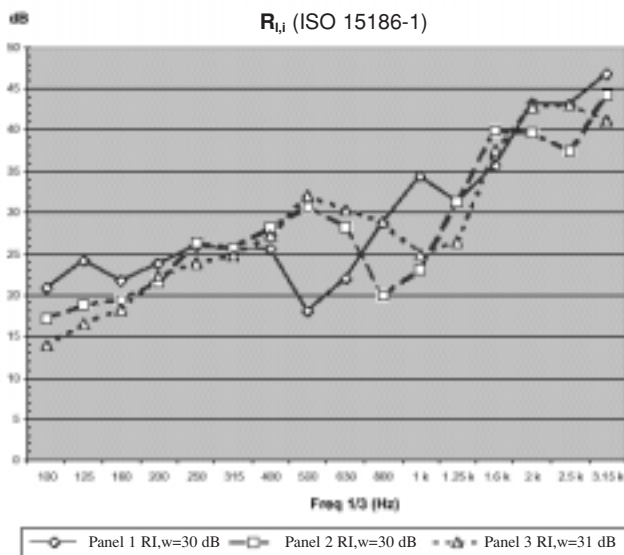


Fig. 3. $R_{I,i}$ y R_I para los tres paneles sometidos a ensayo.

nido extrapolando los 40 valores de aislamiento para las subáreas. El software utilizado para la representación gráfica y extrapolación ha sido programa *Surfer 8*. El valor mostrado bajo cada gráfico ($R_{I,i}$) es el índice de reducción sonora aparente, por banda de tercio de octava, para la superficie formada por los tres especímenes bajo test, tomados conjuntamente. La figura 2 muestra el índice de reducción sonora aparente, $R_{I,w}$, en banda ancha (100 Hz – 3.15 kHz). La figura 3 muestra, gráficamente, los valores del índice de reducción sonora aparente, por bandas de tercio de octava, para cada uno de los paneles por separado. La Tabla 1 muestra los mismos resultados en forma numérica, así como el índice global, $R_{I,w}$, para cada panel individual.

Freq. (Hz)	$R_{I,i}$		
	Panel 1	Panel 2	Panel 3
100	20,9	17,2	13,9
125	24,2	18,8	16,4
160	21,8	19,5	18,3
200	23,8	21,6	22,2
250	25,9	26,4	23,9
315	25,5	25,7	24,9
400	25,6	28,2	27,2
500	18,0	30,7	32,1
630	22,0	28,2	30,3
800	28,8	20,0	28,9
1 k	34,4	23,1	24,9
1.25 k	31,3	31,3	26,5
1.6 k	35,6	39,9	37,5
2 k	43,3	39,7	42,8
2.5 k	43,0	37,5	43,1
3.15 k	46,8	44,2	41,2
$R_{I,w}$	30	30	31

Tabla 1. $R_{I,i}$ y R_I , para los tres paneles sometidos a ensayo.

Análisis de resultados

Aunque el aislamiento acústico, expresado mediante único índice (R_I , tal como indica la norma ISO 717-1 [5], a la que se remite la ISO 15186-1) de los tres paneles es, prácticamente, el mismo, es oportuno observar que para una determinada aplicación, conviene tener en cuenta el aislamiento por bandas de frecuencias, tal como muestran la gráfica y tabla anteriores. Dentro de la tendencia ascendente que sigue la gráfica del aislamiento (efecto de la ley de masas-frecuencias) se observan reducciones en el aislamiento acústico para diferentes frecuencias. Para el panel 1, tal frecuencia es la de 500 Hz. Para el panel 2, tal frecuencia es de 800 Hz y, finalmente, para el panel 3, tal frecuencia es de 1 kHz. Estas se corresponden, claramente, con las frecuencias de coincidencia de los tres paneles. El efecto de coincidencia es más acusado en los paneles 1 y 2, lo que hace que el aislamiento global sea prácticamente el mismo para los tres. El efecto de masa (reducido por la inferior densidad del relleno respecto a las planchas exteriores) se observa, principalmente, en las bajas frecuencias.

Para la optimización del aislamiento es claro que la elección del panel a colocar debiera decidirse una vez se conozca el espectro del ruido de la máquina o sala objeto del aislamiento. Así por ejemplo, para aislar un ambiente sonoro donde la potencia espectral sea dominante en la banda de 125 Hz, puede comprobarse (bien en la gráfica, bien en la tabla) que el panel 1 mejora el aislamiento de los otros paneles en 7 dB. Más notable es el caso de 1 kHz, donde su mejora respecto a los paneles 2 y 3 es de , aproximadamente, 10 dB. Por el contrario, si la máxima potencia espectral se encuentra en la banda de tercio de octava centrada en 500 Hz, el aislamiento aportado por el panel 1 es inferior en unos 12 dB respecto del aislamiento aportado por los otros dos paneles.

La técnica intensimétrica es más compleja y costosa (tanto en medios como en tiempo) que la técnica de presión. No aporta mejora en cuanto a la determinación del aislamiento acústico global de un espécimen. No obstante, si se garantiza la fiabilidad de la técnica y se eliminan las intensidades reactivas en el receptor del dispositivo experimental, las mejoras de esta técnica son notables. En primer lugar, permite determinaciones simultáneas de aislamiento para combinación de paneles. En segundo lugar, permite discriminar el aislamiento acústico para las diferentes subáreas; por ende, permite descubrir y cuantificar los puentes acústicos motivados por deficiencias constructivas. Un aspecto de sumo interés a precisar en este tipo de disposiciones experimentales es el de cuantificar la influencia de las uniones entre paneles en los resultados obtenidos.

Conclusión

Se ha utilizado la técnica intensimétrica para determinar el índice de reducción sonora aparente de diferentes paneles de forma simultánea. Los resultados obtenidos reproducen satisfactoriamente los obtenidos por métodos de presión para medidas individuales en cada panel. El mayor tiempo requerido para la realización de las medidas compensa el coste y tiempo requeridos para la preparación de especímenes y medidas individuales. Además, la informa-

ción obtenida con la técnica intensimétrica permite localizar las causas (puentes acústicos) de posibles deficiencias constructivas. Sería deseable una mayor experimentación con la técnica intensimétrica para la determinación de índices de reducción sonora aparente, tanto para confirmar la similitud de resultados obtenidos con técnicas de presión como para fijar las condiciones experimentales que aseguren su fiabilidad.

Agradecimiento

Agradecemos al Departamento de Educación y Cultura del Gobierno de Navarra la ayuda aportada para la realización del presente trabajo, subvencionando el mismo dentro de la convocatoria 2001/2003 de ayudas a Proyectos de Investigación de Interés para Navarra.

Referencias

- [1] ISO 15186-1 (2000). Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity. Part 1: Laboratory measurements
- [2] ISO/DIS 15186-2 (2002). Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity. Part 2: In-situ conditions.
- [3] ISO 15186-3 (2002). Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity. Part 3: Laboratory measurements at low frequencies.
- [4] UNE-EN ISO140-4 (1999). Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición “in situ” del aislamiento al ruido aéreo entre locales.
- [5] ISO 717-1 (1996). Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation.