
ESTUDIO COMPARATIVO DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS DE FORJADOS Y MEDIANERAS

PACS: 43.55.Rg

T. Lorenzana Lorenzana¹; J. González Suárez²; M. Machimbarrena Gutiérrez²

¹ Dpto. de Física Aplicada de la EU de Arquitectura Técnica. Universidad de A Coruña;

Campus de la Zapateira. 15071 A Coruña

Tel: 981167 050

E-mail: lorenzan@udc.es

² Dpto. de Física de la ETS de Arquitectura. Universidad de Valladolid

Avda. Salamanca s/n. 47014 Valladolid

Tel: 983 423 446

Fax: 983 423 425

E-mail: juliog@opt.uva.es y mariaio@opt.uva.es

ABSTRACT

Following our research line related to “in situ” measurement of sound insulation in newly built edifications, we have carried out a new set of measurements over a total amount of 34 partitions: 18 walls and 16 floors/ceilings. The tests were performed in recently built flats not yet inhabited and belonging to five different buildings in several towns in the same province, and not all partitions had the exact same constructive details. The party walls were constructed either with a double leaf partition and a mineral rock camera in between or it was just a single leaf wall. In both cases the walls were rough-coated, plastered and painted. For horizontal partitions we have studied also two different constructions: one made out of reticular polystyrene brick jack arches and the other one made out of traditional concrete jack arches. We have compared all results and we have come to the conclusion that at least for the horizontal partitions there is no significant difference concerning sound insulation between both constructive solutions.

RESUMEN

Siguiendo nuestra línea de actuación de evaluar el aislamiento acústico de distintos cerramientos mediante la medida “in situ” en viviendas de nueva construcción, hemos realizado medidas de aislamiento a ruido aéreo en un total de 34 particiones de las cuales 18 son medianeras y 16 forjados. Las viviendas analizadas eran de reciente construcción y aun no habitadas repartidas en 5 promociones ubicadas en distintas localidades de la misma Comunidad Autónoma existiendo diferencias entre las composiciones constructivas de promociones seleccionadas. En unos casos las medianeras están compuestas por dos láminas con cámara rellena de roca mineral y en otros constan de una sola lámina. En ambos casos con enfoscado, enlucido y pintado. Para el caso de los forjados, en una de las promociones, eran reticulares con bovedilla de poliestireno mientras que en los otros casos eran con bovedilla de hormigón de la forma que denominamos tradicional. Se hace una comparación entre estos tipos de divisorios y en el caso de los forjados se llega a la conclusión de que no existen diferencias sustanciales en cuanto al aislamiento acústico que aportan.

INTRODUCCIÓN

Desde hace algún tiempo, uno de los factores importantes a considerar en la calidad de las edificaciones es lo referente al aislamiento acústico. Según diversos estudios que se vienen realizando, donde aparecen medidas experimentales, tomadas “in situ”, se detecta una paulatina, pero sustancial, mejora en los valores obtenidos. La evolución positiva del comportamiento de las particiones frente a los

aislamientos acústicos es apreciable sobre todo en los últimos años. Tal vez esta mejora sea consecuencia de incorporar nuevos materiales y distintas soluciones constructivas, o quizás porque haya hecho un mayor esfuerzo en lo relativo al desarrollo técnico, lo que supone una ejecución más profesionalizada y eficaz. En este sentido, de obtener una mejor calidad de la vivienda, ha contribuido, sin duda, el hecho de que el usuario exija mayor confort y mejores servicios.

Al realizar estas medidas y el estudio correspondiente nos proponemos, como objetivo fundamental conocer la calidad de los elementos constructivos formando parte de las viviendas a la vez que explorar posibles causas que puedan influir en el deterioro de la capacidad de aislamiento de estos elementos. En unos casos se puede inferir que la ejecución de la obra es determinante, en otros se observa que el propio diseño no es favorable a conseguir un buen aislamiento y también se encuentran casos en que la deficiencia puede ser derivada de las características constructivas.

METODOLOGÍA DE MUESTREO

Instrumental Utilizado y Metodología de Medida

Las medidas se han realizado utilizando la instrumentación específica para estos fines, de la casa Brüel & Kjaer Ibérica. El equipo de medida consta, como unidades fundamentales, de:

- Analizador mod. 2260, y micrófono mod. 4189.
- Calibrador de nivel sonoro mod. 4231.
- Fuente sonora modelo 4224.
- Software.

Estrategia de muestreo

La realización de las medidas se efectuó siguiendo la metodología indicada en la Norma UNE EN ISO 140-4. Para cada partición se ha medido dos veces para cada una de las tres posiciones de micrófono, tanto en la sala emisora como receptora y para dos posiciones de la fuente. De esta forma hemos obtenido los valores globales del índice de aislamiento $R'(dB(A))$ calculado según se especifica en la Norma Básica de Edificación, Condiciones Acústicas de 1988. Los valores de R' se dedujeron a partir de los valores de aislamiento medidos en bandas de frecuencia de tercios de octava. Dado que en ocasiones se usan los parámetros D_{nT} e ISO 717 también adjuntamos los valores que se han obtenido. De ellos es particularmente interesante el valor que denominamos ISO 717 si tenemos en cuenta que, previsiblemente, sea el parámetro que también se utilice en España en un futuro próximo.

MEDIANERAS

Valores Obtenidos en la Promoción (A)

En una de las promociones que denominamos promoción A se realizó la medida en 8 particiones que separaban viviendas del mismo edificio. En la tabla I se indican las viviendas y el uso de los espacios que separan.

Tabla I.- Situación de las muestras analizadas

2°B-2° C	2°C-2°E	3°A-3°B	3°B-3°C	3°C-3°E	3°E-3°D	4°A-4°B	4°E-4°D
Sal - Sal	Dp - Dp	Dp - Dp	Dp - Dp	Dp - Dp	Sal - Sal	Sal - Dr	Sal - Dr

La composición constructiva de estas particiones se obtuvo de la memoria constructiva que acompañaba al proyecto y es la que se indica a continuación: *Ladrillo semimacizo, 11,5 cm; enfoscado de mortero 1,5 cm; enlucido pasta de yeso; pintura plástica lisa; 267 Kg.m⁻² de masa* .

En la figura 1 exponemos las gráficas de los valores obtenidos para el aislamiento en función de la frecuencia en los ocho casos. Se indica también el uso de los recintos separados por la partición. De los valores se deduce un comportamiento bastante similar para todos los casos excepto para el caso de la línea azul que se corresponde con el aislamiento de la partición que separa un salón de un dormitorio. También se puede destacar que a frecuencias bajas la oscilación de los valores en torno a una

tendencia creciente del conjunto, es más acusada y entendemos que ello es debido a la mayor facilidad de transmisión que presentan los elementos estructurales para los sonidos a ciertas frecuencias de la zona baja.

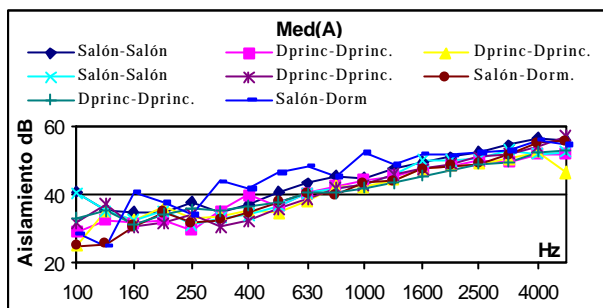


Fig.1.- Variación del aislamiento con la frecuencia en Hz para las ocho medianeras.

Valores del Aislamiento Según Normas

En la tabla II exponemos los valores globales del aislamiento, conforme a como se especifica en la NBE-CA, para el caso de la primera fila (valores de R'dB(A)) y según la norma ISO 717 los correspondientes a la segunda fila (valores ISO dB), que fueron obtenidos a partir de los valores en frecuencias en tercios de octava.

Tabla II.- Valores del aislamiento global correspondientes a las particiones medianeras (A)

R' = 45	R' = 43	R' = 42	R' = 42	R' = 41	R' = 42	R' = 42	R' = 48
ISO = 46	ISO = 43	ISO = 42	ISO = 42	ISO = 42	ISO = 42	ISO = 43	ISO = 48

La exigencia mínima establecida en la NBE-CA, para el caso de medianeras, se establece en 45 dB(A) para valores obtenidos en el laboratorio. Fijándonos en la primera fila observamos que los valores obtenidos, medidos "in situ", son en general algo menores de 45 dB(A) pero son sustancialmente mayores a los obtenidos en otras campañas de medidas realizadas hace no muchos años [1], [2], [3].

Valores Obtenidos en la Promoción (B)

En la promoción que denominamos B se realizó la medida en 6 particiones distribuidas conforme a como se especifica en la tabla III.

Tabla III.- Situación de las muestras analizadas

1°C-1° B	3°C-3°B	4°C-4°B	5°C-5°B	6°C-6°B	7°C-7°B
Sal - Dp	Sal - Dp	Sal - Dp	Sal - Dp	Sal - Dp	Sal - Dp

La composición constructiva que se obtuvo de la memoria constructiva que acompañaba al proyecto y es: Ladrillo semimacizo, 11,5 cm; ladrillo hueco doble 8 cm; lana de roca 3 cm; enlucido pasta de yeso; pintura 1.5 cm; 250 Kg.m² de masa.

En la figura 2 se representan los valores obtenidos para el aislamiento en función de la frecuencia en los seis casos. Se indica también el uso principal de los espacios que separa la partición. En esta campaña la medida se realizó en particiones que separan los mismos tipos de locales dentro de una misma promoción, lo que hace suponer se habrá dispuesto una misma composición constructiva, iguales materiales y la misma dirección técnica y, tal vez, los mismos operarios, obteniéndose unos valores muy similares, con pequeñas oscilaciones entre las distintas particiones, según se deduce de las

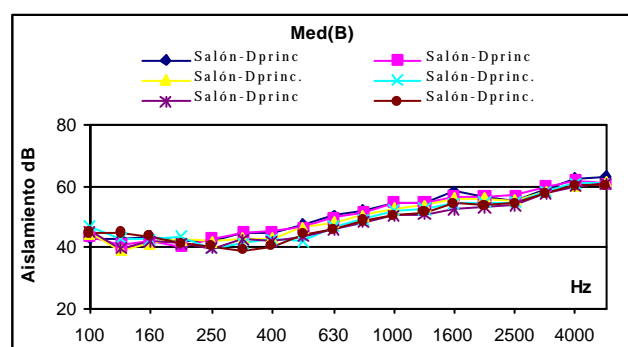


Fig.2.- Variación del aislamiento con la frecuencia en Hz para las seis medianeras (B).

gráficas. Una simple inspección visual de los datos cabe predecir un comportamiento realmente eficaz. Para poder valorar más objetivamente estos datos, en la tabla IV se exponen los valores globales de los aislamientos según las normas indicadas anteriormente.

Tabla IV.- Valores del aislamiento global correspondientes a las particiones medianeras (B)

R' = 51	R' = 51	R' = 50	R' = 49	R' = 48	R' = 48
ISO = 52	ISO = 52	ISO = 51	ISO = 50	ISO = 49	ISO = 49

A la vista de estos valores concluimos que los aislamientos que aportan estos cerramientos son muy aceptables, superando con creces los valores estipulados (45 dB(A)) como mínimos en la NBE-CA. El valor mínimo obtenido es de 48 dB(A) y el máximo sobrepasa, incluso, los 50 dB(A).

Valores Obtenidos en la Promoción (C)

En la tercera promoción que hemos realizado medidas se hizo el muestreo para cuatro casos en las muestras que se indican

Tabla V.- Situación relativa de las muestras

2ºB-2ºA ⁽¹⁾	1ºA-1ºB ⁽¹⁾	1ºC-1ºB ⁽²⁾	1ºA-1ºB ⁽²⁾
Sal - Sal	Sal - Dr	Sal - Sal	Sal - Sal

La composición constructiva, según datos del proyecto, es la siguiente.:Ladrillo semimacizo ½ pie; enlucido 1.5 cm; pintura; 250 Kg.m⁻² de masa.

En lo sustancial esta composición constructiva parece bastante semejante al caso de la promoción A variando solamente en pequeños detalles, como el enfoscado o similar, lo que supone una variación de la masa superficial irrelevante frente al resto de masas. Por otra parte estamos suponiendo que el ladrillo semimacizo reúne las mismas características en ambos casos. En la figura 3 se representan los valores obtenidos y se aprecia que la tendencia general es semejante a la promoción A con valores de aislamiento pequeños y oscilantes a frecuencias inferiores, aumentando progresivamente conforme se incrementa la frecuencia sin oscilaciones reseñables. Aquí las particiones separan los salones en tres casos y salón y dormitorio en uno de los casos (línea amarilla). Este hecho, de no separar los mismos tipos de espacios, parece ser relevante, en alguna medida, para frecuencias bajas, donde el aislamiento es, en general algo superior a los otros casos no de forma significativa. Sin embargo, a frecuencias medias y altas apenas si existen diferencias entre los cuatro casos.

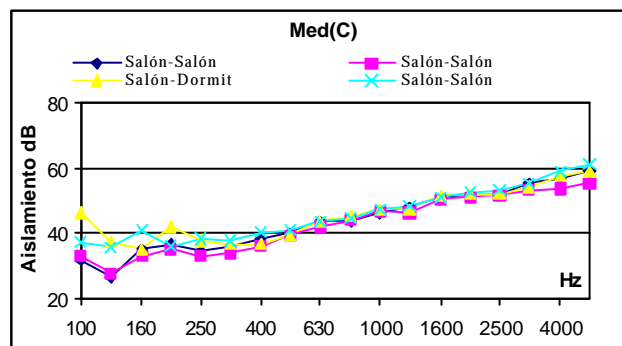


Fig.3.- Variación del aislamiento con la frecuencia en Hz para las cuatro medianeras (C).

Valores del Aislamiento Según Normas

Al igual que en los casos anteriores, en la tabla VI se adjuntan los valores globales del aislamiento, obtenidos según especificaciones normativas. A la vista de estos datos cabe indicar que su comportamiento es bastante aceptable, superando en todos los casos, excepto en uno, el valor exigido por la NBE-CA⁽³⁾.

⁽¹⁾ Bloque II

⁽²⁾ Bloque I

⁽³⁾ Téngase en cuenta que la exigencia de la NBE-CA se refiere a valores medidos en el laboratorio y que, en general, el aislamiento “in situ” será menor del que tendría midiéndolo en el laboratorio.

Tabla VI.- Valores del aislamiento global as particiones medianeras (C)

R' dB(A)	45	44	46	47
ISO dB	45	45	46	47

Valoración en Conjunto

En la tabla VII representamos los valores medio, máximo y mínimo de los obtenidos en cada una de las campañas para los dos parámetros. Los valores más bajos se obtuvieron en la promoción A y los más elevados en la promoción C. Sin embargo cabe resaltar la circunstancia de que aun existiendo valores que están por debajo del valor 45 dB(A) para R', sin embargo, el valor medio está muy cercano y el valor mínimo está muy por encima de los encontrados frecuentemente en campañas de medida realizadas anteriormente. En el caso de la promoción B los valores superan ampliamente el valor de 45 dB(A) para R'. Los valores obtenidos en la promoción C están en el entorno de los 45 dB(A).

Tabla VII. Valores medio, máximo y mínimo de los obtenidos en las campañas

Valor R'/ISO	Med(A) 267kg.m ⁻²	Med(B) 250kg.m ⁻²	Med(C) 250kg.m ⁻²
Medio	43,1/43,5	49,5/50,5	45,5/45,7
Máximo	48/48	51/52	47/47
Mínimo	41/42	48/49	44/45

FORJADOS

De forma similar a como se hizo para el caso de las medianeras, se han realizado medidas del aislamiento acústico, a ruido aéreo, para distintos forjados de tres promociones distintas. En este caso los forjados los hemos agrupado en dos apartados fundamentales tomando como criterio su composición constructiva. En uno de los apartados incluimos los construidos con bovedilla de poliestireno expandido y en el otro, que denominamos forjados tradicionales o convencionales, incluimos los compuestos por semivigüeta y bovedilla de hormigón. A su vez, dentro de este último apartado diferenciamos los que tienen un solado de parquet y los que lo tienen de plaqueta. En total se han analizado 14 muestras de los que la mitad son de poliestireno y dentro de los otros siete, hay cuatro con parquet y tres con plaqueta.

Forjados de Poliestireno

La composición constructiva específica, de los forjados de poliestireno, que figuraba en la memoria del proyecto es la siguiente: *Unidireccional con bovedilla de poliestireno expandido 30 cm; capa de compresión 5cm; recrecido y nivelado de mortero de cemento 6 cm; parquet pegado; 400 Kg.m⁻² de masa*

En la figura 4 representamos los valores obtenidos, para frecuencias en tercios de octava, en los siete casos analizados. En general el comportamiento es bastante similar aunque aparece un caso claramente diferenciado del resto (la línea azul), donde los valores a frecuencias altas son significativamente menores que en los otros casos. La partición separa los dormitorios correspondientes a las plantas 3ª y 4ª de las viviendas A del edificio. Esta es una situación relativamente anómala en el sentido de que la desviación entendemos que debe ser consecuencia de alguna actuación operativa deficiente o de la presencia de puentes acústicos no presentes en los otros casos. En el caso de la línea

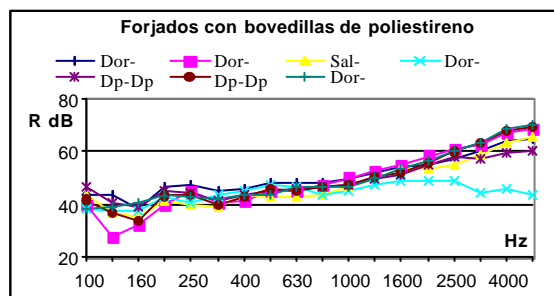


Fig.4.- Variación del aislamiento con la frecuencia en Hz para las siete muestras analizadas.

de color rosa el valor se separa unos 10 dB para la frecuencia de 125 Hz lo que constituye un valor anómalo respecto de los demás, que puede ser consecuencia de circunstancias constructivas pero no es tan significativo como el caso de la línea azul. En la tabla VIII exponemos las plantas que separan las particiones y su ubicación en el edificio así como los valores de los índices globales R' (dB(A)) y ISO 717 dB.

Tabla VIII. Valores de los índices obtenidos en cada una de las muestras

4º-5º Centro	2º-3º Dcha	1º-2º Izq	3º-4º Dcha	4º-5º Centro	5º-6º Centro	5º-6º Centro
$R' = 51$	$R' = 48$	$R' = 47$	$R' = 47$	$R' = 48$	$R' = 48$	$R' = 49$
ISO = 51	ISO = 48	ISO = 48	ISO = 47	ISO = 49	ISO = 49	ISO = 49

Teniendo en cuenta los valores de la tabla se deduce que aun en el peor de los casos el valor supera holgadamente el valor de 45 dB(A) tipificado en la NBE-CA como valor mínimo.

Forjados Tradicionales

En otras campañas de medidas se realizaron ensayos en tres promociones, con un total de siete muestras, donde la composición constructiva era a base de semivigueta de hormigón con bovedilla de 22 cm en cinco de los casos, de los cuales en cuatro el acabado era de parquet pegado dando una masa total de $386^{(4)}$ Kg.m⁻² y en uno de plaqueta con una masa de $495^{(4)}$ Kg.m⁻². En otros dos casos el forjado estaba constituido por semivigueta de hormigón con bovedilla de 26 cm, con plaqueta, dando una masa, según proyecto de 465 Kg.m⁻². Al conjunto de estos forjados los consideraremos como forjados tradicionales para diferenciarlos de los forjados de poliestireno. La identificación individual se hará haciendo alusión a la masa y si es necesario a las plantas que separa.

En la figura 5 exponemos las gráficas de los valores correspondientes a las siete muestras y entre paréntesis aparece la masa correspondiente de cada una de las muestras. A partir de estas gráficas se desprende que los valores son bastante uniformes para las siete muestras con una tendencia a aumentar de forma paulatina con la frecuencia. Sin embargo, fijándonos en las gráficas extremas, la de color rosa y la de puntos marrón, se observa una diferencia de valores sistemática para todas las frecuencias de unos 5 ó 6 dB aproximadamente. También es destacar que la curva de mayor aislamiento no se corresponde con el forjado de mayor masa lo que nos indica que si bien la masa es un factor fundamental para aislar, sin embargo, no es el único y en ocasiones, en que la ejecución no es lo suficientemente cuidada, o el propio diseño no lo contempla, el aislamiento disminuye apreciablemente aunque el elemento estructural tenga una masa elevada. En general los valores de aislamiento son bastante buenos y por tanto la calidad constructiva en este sentido es aceptable. Los valores de los índices globales los exponemos en la tabla IX y de ellos se deduce con más claridad la bondad de los resultados ya que todos son superiores a 45 dB(A) para el índice R' llegando hasta el valor de 51 dB(A) para uno de los casos.

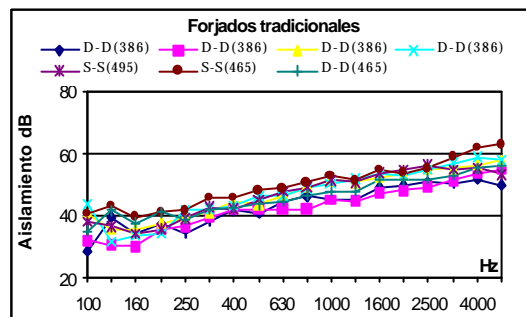


Fig.5.- Variación del aislamiento con la frecuencia en Hz para las siete muestras analizadas.

Tabla IX. Valores de los índices obtenidos en cada una de las muestras.

3ºA-4ºA	3ºB-4ºB	2ºC-3ºC	2ºE-3ºE	2ºC-3ºC	1ºA-2ºA	1ºA-2ºA
$R' = 45$	$R' = 45$	$R' = 49$	$R' = 49$	$R' = 49$	$R' = 51$	$R' = 48$
ISO = 46	ISO = 45	ISO = 50	ISO = 49	ISO = 49	ISO = 51	ISO = 48

Análisis Comparativo entre las Tipologías de Forjados

En la tabla X se exponen los valores medio, máximo y mínimo de los valores obtenidos para los dos

⁽⁴⁾ Según datos de los proyectos

índices en las cuatro tipologías constructivas de forjados. El valor medio es mayor en el caso del forjado de mayor masa y el valor medio mínimo se obtiene para los forjados de menor masa. Sin embargo, el valor máximo no se corresponde con el forjado de mayor masa aunque sí aparece el valor mínimo en el forjado de menor masa.

Tabla X. Estadística de los valores de los índices obtenidos para los forjados.
El número entre paréntesis es el número de muestras

R'/ISO	Pol. (7) 400kg.m ⁻²	Trad. (4) 386kg.m ⁻²	Trad. (2) 465kg.m ⁻²	Trad. (1) 495kg.m ⁻²
Medio	48,2/48,7	47/47,5	49,5/49,5	49/49
Máximo	49/49	49/50	51/51	49/49
Mínimo	47/47	45/45	48/48	49/49

Los valores correspondientes a los forjados de poliestireno no son los más elevados pero tampoco los menores, su valor medio es bastante próximo al valor medio de los forjados tradicionales. Sin embargo si se realiza un examen más exhaustivo tomando individualmente los espectros se observan ciertas diferencias entre los forjados de poliestireno y los tradicionales. El comportamiento en general es que los forjados de poliestireno dan un mejor aislamiento a frecuencias altas y bajas y algo menor a frecuencias medias. Un resultado destacable es que no se observa una tendencia clara de incremento sistemático del aislamiento cuando aumenta la masa. Ello se pone de manifiesto en la figura 6 en la que representamos los valores de los índices R' en función de la masa. Así encontramos, por ejemplo, valores de aislamiento superiores para una masa de 386 que para las masas de 400 y de 465 en Kg.m⁻² y por tanto deducimos que existen otros factores, aparte de la masa que influyen considerablemente en el aislamiento.

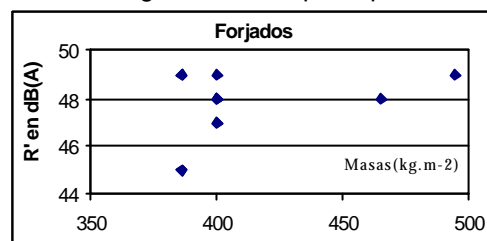


Fig.6.- Variación del aislamiento con la masa en Kg.m⁻².

BIBLIOGRAFÍA

[1] "Estudio del aislamiento a ruido aéreo en viviendas de promoción pública". Montajes e Instalaciones. Nº 304 ; pp.119-123; Marzo 1997.

[2] "Estudio del aislamiento acústico en viviendas de construcción habitual". Montajes e Instalaciones. Nº 293; marzo 1996.

[3] "Análisis comparativo del aislamiento acústico producido por cerramientos de construcción habitual". Revista de Acústica. Vol XXVIII. ; pp. 55-57 ; España 1997

[4] "Valores del aislamiento acústico a ruido aéreo de distintos cerramientos *in situ*". Montajes e Instalaciones. Nº 316, abril 1998.