

# EL AISLAMIENTO ACUSTICO EN EL SISTEMA DRAGADOS-PLASTBAU

Antonio Moreno, Instituto de Acústica/CSIC  
 José Antonio Comas, Dragados y Construcciones, S. A.

193-12

## 1. OBJETIVOS

Los estudios y ensayos acústicos, previstos en el programa de investigación del sistema Dragados-Plastbau, fueron realizados por la U.E.I. Radiación y Propagación Acústicas del Instituto de Acústica (C.S.I.C.) con los siguientes objetivos:

- 1.º Comprobar el cumplimiento de la Norma NBE-CA-82 de cada uno de los elementos que forman el sistema Dragados-Plastbau.
- 2.º En los casos en que no se alcanzaran los mínimos exigidos por la Norma, ensayar los complementos necesarios para su cumplimiento, atendiendo a razones de economía y de técnica constructiva.

Dadas las características de las fórmulas de cálculo del aislamiento acústico de elementos no homogéneos, principalmente el grado de precisión, se planteó la investigación desde el punto de vista experimental.

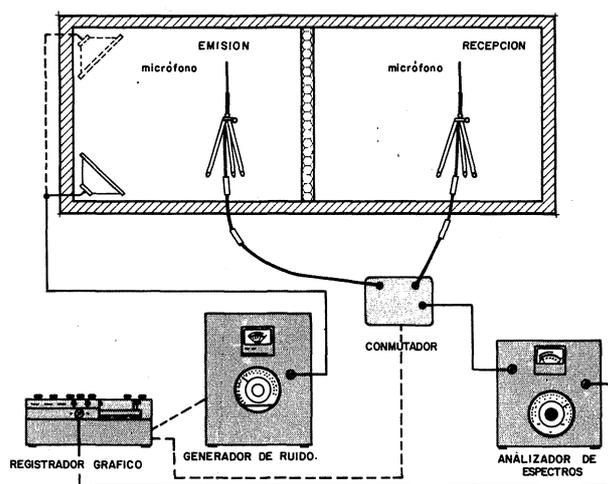
Esta vía presenta además la ventaja de incluir las condiciones de montaje reales, imposibles de introducir en los modelos teóricos.

## 2. DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Los ensayos fueron realizados en las instalaciones que el Instituto tiene en la calle Serrano de Madrid.

Los ensayos de aislamiento a ruido aéreo de los muros se llevaron a cabo, como se indica en la figura 1, en las cámaras de transmisión sin efecto de flancos que el Instituto tiene para este fin. Están formadas por compartimentos paralelepípedicos rectangulares de 100 m<sup>3</sup> aproximadamente cada uno, adosadas a través de un anillo autoportante, soporte de la muestra, sin conexión rígida con las cámaras.

AISLAMIENTO MUROS  
 ( RUIDO AEREO )



$$R = L_E - L_R + 10 \log \frac{S}{A} \text{ DB}$$

S = SUPERFICIE DEL MATERIAL ENSAYADO.  
 A = ABSORCION DEL RECINTO RECEPTOR (SUPERFICIE)  
 R = AISLAMIENTO ACUSTICO NORMALIZADO.

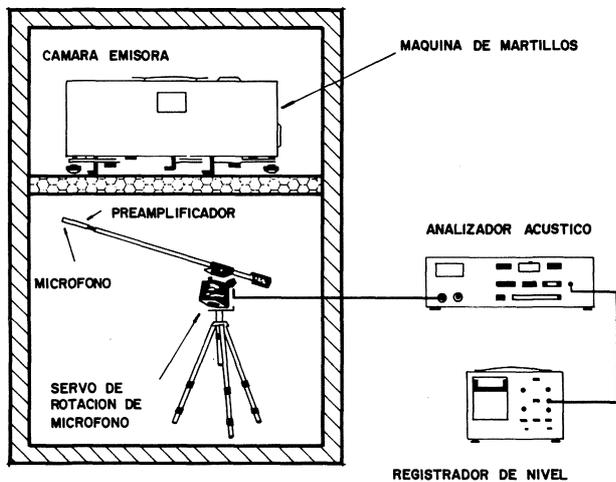
Fig. 1.

Los valores de  $L_E$  y  $L_R$  en estos ensayos se refieren a los niveles medios de presión acústica medidos, en la emisión y recepción, para una excitación con ruido blanco filtrado en tercios de octava.

Los ensayos de aislamiento a ruido aéreo y a ruido de impacto de los forjados fueron llevados a cabo en las cámaras de transmisión que el Instituto tiene para este fin (figura 2), formadas por dos compartimentos paralelepípedicos rectangulares de 50 m<sup>3</sup> aproximadamente cada uno, adosadas a través del forjado en estudio y con las paredes sin independizar.

El valor de  $L$  utilizado en estos ensayos se refiere al nivel de presión sonora en la cámara de re-

### AISLAMIENTO FORJADOS (RUIDOS DE IMPACTOS)



$$L_n = L - 10 \log \frac{10}{A} \text{ DB}$$

A = ABSORCIÓN DEL RECINTO EN M<sup>2</sup>.  
L<sub>n</sub> = NIVEL DE RUIDOS DE IMPACTO NORMALIZADO

Fig. 2.

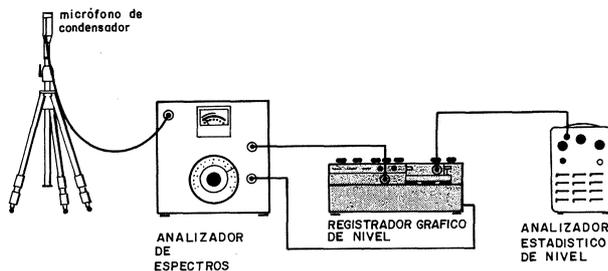


Fig. 3. - Detalle de la cadena de recepción, con analizador estadístico de nivel para la prueba de tiempo de reverberación.

cepción, filtrado en tercios de octava, producido por una máquina de martillos que cumple las especificaciones de la norma UNE-74040.

Para la medida de la absorción A (figura 3) se ha seguido un procedimiento de medida que satisfice las exigencias de la norma UNE-74041 (equivalente a la ISO-354).

El método de medida utilizado en todos los ensayos, tanto para muros como para forjados, satisface la norma UNE-74040 (equivalente a la norma ISO-140), tanto en lo relativo a las características de las cámaras de transmisión como a la instrumentación para la generación, captación y análisis de los campos acústicos, o a la valoración y presentación de los resultados.

### 3. ENSAYO DE LOS MUROS DRAGADOS-PLASTBAU

Para cada uno de los muros ensayados se determinó la variación frecuencial o curva del aisla-

miento a ruido aéreo, en tercios de octava. A partir de estos valores experimentales se determinaron los siguientes índices globales:

- aislamiento medio en dB,
- aislamiento ponderado en dBA,
- índice R<sub>w</sub> (según ISO-717).

El índice de aislamiento en dBA es el que contempla la norma NBE-CA-82 del MOPU, vigente en nuestro país y equivale al índice francés; el índice R<sub>w</sub> es el usado en varios países de la CEE y está ampliamente difundido.

El grado de detalle de los resultados obtenidos ha permitido valorar la influencia de los diversos factores que intervienen, tales como el espesor de las capas de microhormigón o la adición de un trasdosado en una o en ambas caras.

El poliestireno expandido empleado en todos los casos fue de la clase III.

En los ensayos correspondientes a los muros Dragados-Platsbau II los huecos correspondientes a las pilares no se llenaron con hormigón.

Cada muestra era de 4,50 m de ancho x 3,00 m de alto. Se construyeron con paneles de suelo a techo y las juntas verticales entre paneles fueron realizadas conforme a la tecnología del sistema.

#### 3.1. Aislamiento a ruido aéreo muros Dragados-Plastbau I

*Incidencia del espesor del recubrimiento (figura 4)*

- Se comprobó que la frecuencia de resonancia (500 Hz), de mínimo aislamiento, no se modificaba sustancialmente al aumentar el espesor de las capas, siendo el incremento de aislamiento (4dBA para 1 cm) algo mayor de lo que se podría suponer conforme a la ley de masas.
- Para el espesor de 3,5 cms de microhormigón no se produce la disminución de aislamiento a 125 Hz, que aparece con 2,5 cms, mientras que la caída del aislamiento entre 250 Hz y 500 Hz es similar.

*Incidencia del trasdosado (figura 5)*

- También en estos ensayos se presenta la frecuencia de resonancia a 500 Hz en todos los casos.
- Se comprobó la poca eficacia de trasdosar por una cara con Pladur 10 mm (ensayos 2 y 5), ya que el aumento del coste no justifica 1 dBA de aumento de aislamiento.
- El trasdosar por una cara con Pladurbel 10 + 25 da buen resultado (ensayos 2 y 4), contrariamente a trasdosar con el mismo material por ambas caras (ensayos 3 y 4), ya que el aumento que se obtiene es de sólo 2 dBA.

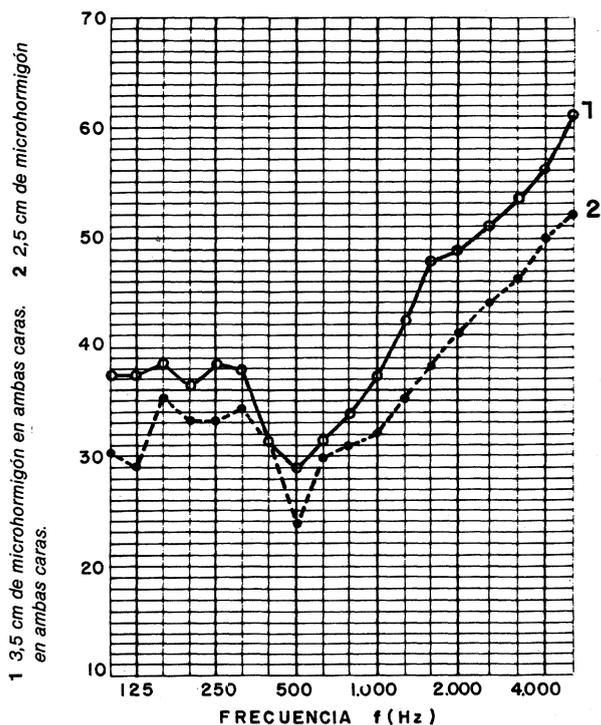


Fig. 4.

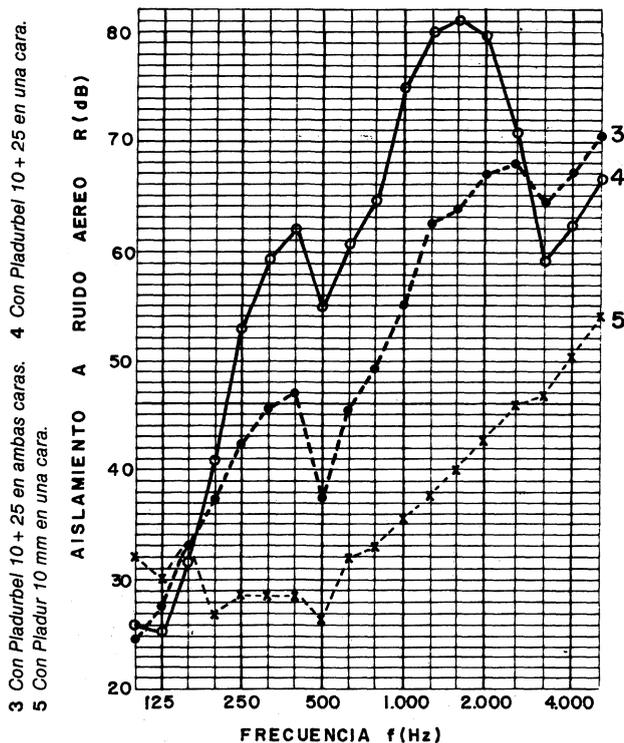


Fig. 5.

**1 - AISLAMIENTO GLOBAL**

MEDIO 42 dB  
 PONDERACION A 38 dBA  
 INDICE R<sub>w</sub> 38  
 (ISO 717)

**2 - AISLAMIENTO GLOBAL**

MEDIO 36,5 dB  
 PONDERACION A 34 dBA  
 INDICE R<sub>w</sub> 34  
 (ISO 717)

**3 - AISLAMIENTO GLOBAL**

MEDIO 58,5 dB  
 PONDERACION A 49 dBA  
 INDICE R<sub>w</sub> 53  
 (ISO 717)

**4 - AISLAMIENTO GLOBAL**

MEDIO 50,5 dB  
 PONDERACION A 47 dBA  
 INDICE R<sub>w</sub> 48  
 (ISO 717)

**5 - AISLAMIENTO GLOBAL**

MEDIO 36 dB  
 PONDERACION A 35 dBA  
 INDICE R<sub>w</sub> 35  
 (ISO 717)

**3.2. Aislamiento a ruido aéreo muros Dragados-Plastbau II**

*Incidencia del espesor de recubrimiento (figura 6)*

- Al comparar los ensayos 6 y 8 se comprobó la nula eficacia, desde el punto de vista de aislamiento ponderado, de guarnecer los muros del tipo II con yeso, ya que siendo mejor su comportamiento para las frecuencias superiores a los 1.000 Hz, por debajo de esta frecuencia es igual o inferior.
- De los ensayos 6 y 7 se confirma que es preferible enfoscar 2 cm por una de las caras que guarnecer 1,5 cm por cada cara del muro.
- De los resultados de los ensayos 7 y 8 queda demostrado que se obtiene un incremento de aislamiento al regresar una de las caras de microhormigón en una proporción de 2,5 dBA para 2 cm de aumento, inferior a la que se obtuvo con los muros del tipo I (4 dBA para 1 cm por cada cara). Ello hace suponer que se ha-

bria obtenido igual o superior aislamiento incrementando 1 cm el espesor de cada cara.

- La frecuencia de resonancia es de 125 Hz aproximadamente en todos los casos, inferior por lo tanto a la de los muros tipo I, al ser menor la rigidez de la conexión y mayor la separación entre las hojas de hormigón.

*Incidencia del trasdosado (figura 7)*

- De los resultados de los ensayos 10 y 11 se concluye que el disponer Pladur 10 mm en ambas caras no compensa el incremento de aislamiento. Tampoco compensa el colocar una sola cara con Pladur 10 mm, a la vista de los ensayos 8 y 10.
- La solución de trasdosar una cara con Pladurbel 10 + 25 se demuestra eficaz al comparar los ensayos 8 y 9.
- La frecuencia de resonancia se conserva en todos los casos próxima a los 125 Hz.

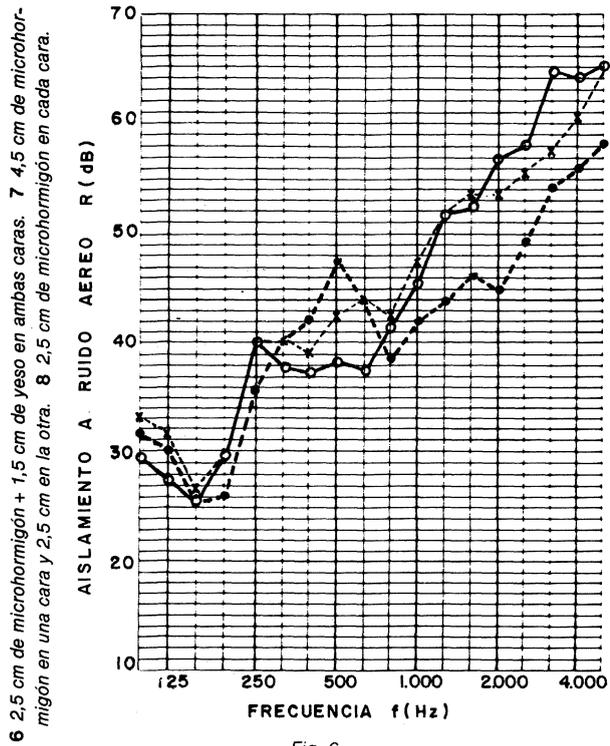


Fig. 6.

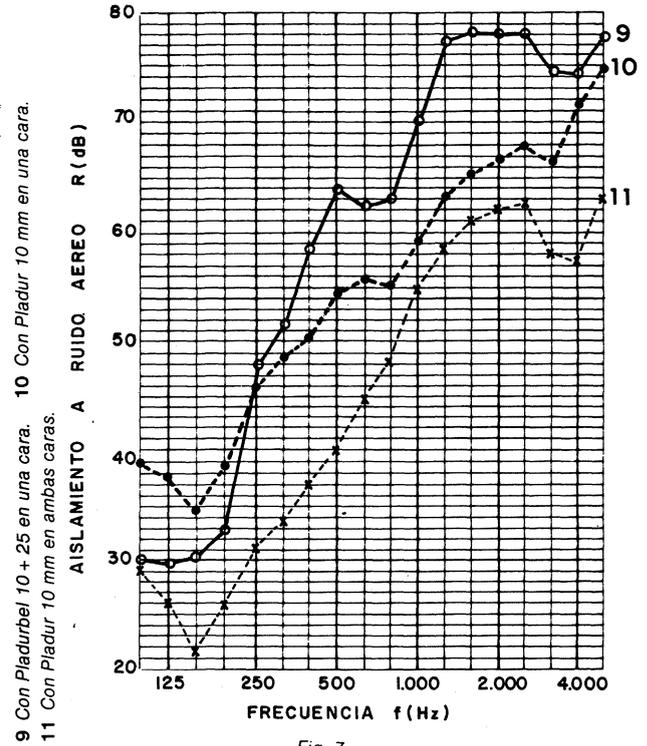


Fig. 7.

6 - AISLAMIENTO GLOBAL

MEDIO 44,5 dB  
 PONDERACION A 42,5 dBA  
 INDICE Rw (ISO 717) 43

7- AISLAMIENTO GLOBAL

MEDIO 45 dB  
 PONDERACION A 44,5 dBA  
 INDICE Rw (ISO 717) 45

8 - AISLAMIENTO GLOBAL

MEDIO 42 dB  
 PONDERACION A 42 dBA  
 INDICE Rw (ISO 717) 43

9 - AISLAMIENTO GLOBAL

MEDIO 59,5 dB  
 PONDERACION A 49,5 dBA  
 INDICE Rw (ISO 717) 53

10 - AISLAMIENTO GLOBAL

MEDIO 44,5 dB  
 PONDERACION A 43 dBA  
 INDICE Rw (ISO 717) 44

11 - AISLAMIENTO GLOBAL

MEDIO 45 dB  
 PONDERACION A 41 dBA  
 INDICE Rw (ISO 717) 42

3.3. Incidencia de la rigidez del núcleo en los muros, Dragados-Plastbau

Con objeto de analizar el grado de influencia de la rigidez ofrecida por el poliestireno en la frecuencia de resonancia fundamental en los muros del tipo I y II, dado que el núcleo del tipo II está formado por 2 piezas independientes, se procedió a realizar el siguiente ensayo (figura 8).

Al comparar los resultados de los ensayos 2 (correspondiente al tipo I), 8 (correspondiente al tipo II) y 12 (híbrido del muro I y II) se pudo comprobar que los resultados del 12 son intermedios entre los obtenidos en el 2 y 8:

- El aislamiento global es de 39 dBA, intermedio entre 34 dBA (muro tipo I) y 42 dBA (muro tipo II).

12- AISLAMIENTO GLOBAL

MEDIO 42 dB  
 PONDERACION A 39,5 dBA  
 INDICE Rw (ISO 717) 39

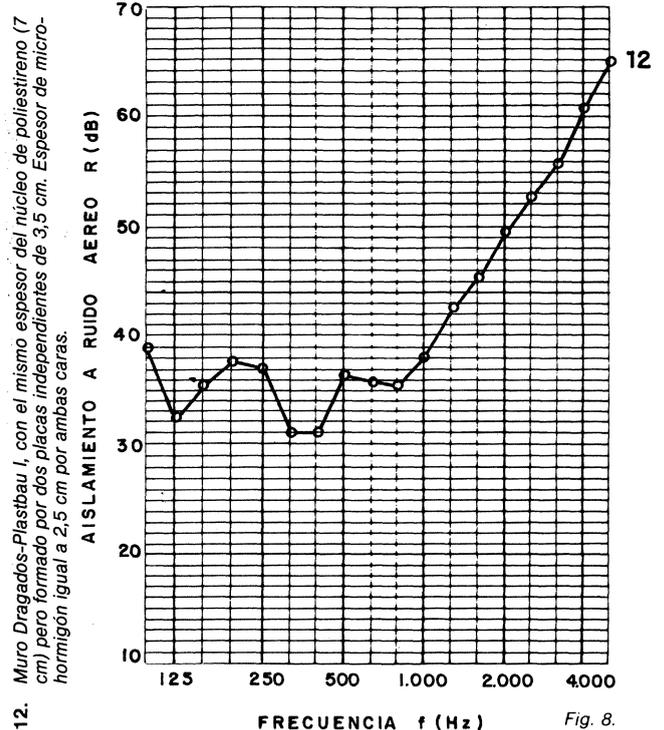
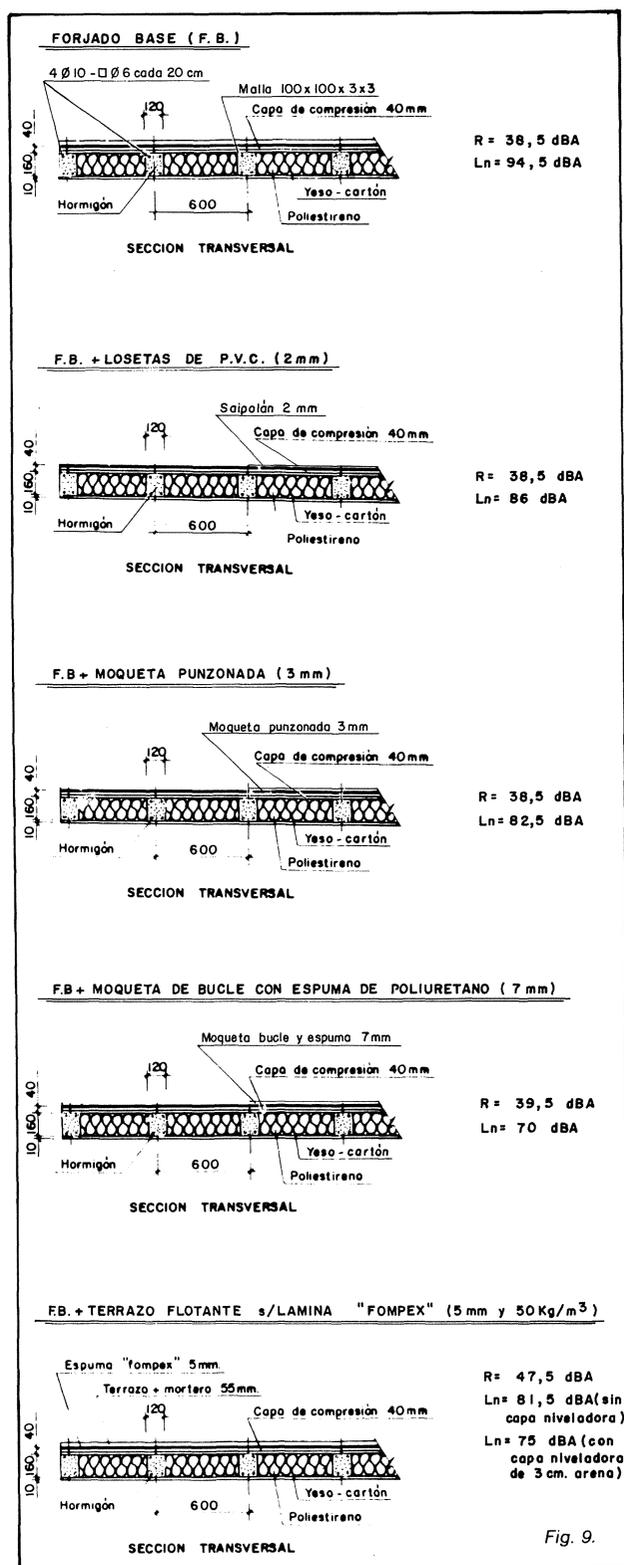


Fig. 8.

- La frecuencia de resonancia, que inicialmente era 500 Hz (la correspondiente al tipo I), muestra un desplazamiento hacia las bajas frecuencias, alcanzando un valor intermedio entre esta frecuencia y la de 250 Hz.

Todo ello parece demostrar la incidencia que la rigidez del núcleo de poliestireno tiene en la capacidad aislante del muro.

Por otra parte la distinta longitud de los conectores en los sistemas I y II y la consiguiente diferente rigidización entre las capas de microhormigón, así como el distinto ancho del núcleo de poliestireno, parece tener también alguna importancia a la vista de los 3 dBA que no se llegan a alcanzar respecto del tipo II.



#### 4. ENSAYOS DE FORJADO

El sistema Dragados-Plastbau puede emplear paneles del tipo I como cubierta de edificios. Sin embargo estas cubiertas no son visitables por lo que no están sometidas, de acuerdo con la norma NBE-CA-82, a cumplimiento de aislamiento a ruido de impacto.

Por ello los ensayos de forjados se han centrado sobre el forjado tipo «Cádiz» ideado por Dragados y Construcciones para el sistema Dragados-Plastbau, terminado con diferentes solados.

En las soluciones ensayadas se determinó el espectro de frecuencias del aislamiento a ruido aéreo y de impacto, en tercios de octava y en octavas, así como los valores globales correspondientes a:

- aislamiento medio en dB
- aislamiento R ponderado en dBA
- índice  $R_w$  (según ISO 717)
- índice  $L_{n,w}$  de ruidos de impacto (según ISO 717)
- nivel  $L_n$  de ruidos de impacto en dBA

Cada muestra de forjado tenía unas dimensiones de 3,50 m de ancho x 4,60 m de largo, con las viguetas dispuestas en el sentido del ancho.

El poliestireno expandido empleado como bovedillas fue de la clase II.

Debido a la existencia de transmisiones indirectas en los ensayos a ruido aéreo, a efectos de aplicación de la Norma NBE-CA-82 los valores del aislamiento global en dBA correspondientes a estos ensayos se han incrementado en 2 puntos.

Los resultados que se obtuvieron quedan reflejados en la fig. 9.

## 5. COMPARACION CON LOS SISTEMAS TRADICIONALES Y CUMPLIMIENTO DE LA NBE-CA-82

### 5.1. Cerramientos exteriores

**Norma NBE-CA-82: Aislamiento global (mínimo) = 30 dBA (INCLUIDOS HUECOS DE VENTANA)**

TIPO	CERRAMIENTO TRADICIONAL	RUIDO AEREO dBA
1	15 cms. hormigón armado. 2 cms. poliestireno II 4 cms. ladrillo H/S 1,5 cms. enlucido yeso	R = 55
2	18 cms. hormigón armado 3 cms. poliestireno II 4 cms. ladrillo H/S 1,5 cms. enlucido yeso.	R = 57
3	12 cms. hormigón armado 1,5 cms. vidrio celular	R = 48
4	2 cms. enfoscado 11 cms. ladrillo H/D 2 cms. enfoscado 3 cms. poliestireno II 4 cms. ladrillo H/S 1,5 cms. enlucido yeso.	R = 40
5	11 cms. ladrillo macizo 4 cms. poliestireno II 4 cms. ladrillo H/S 1,5 cms. enlucido yeso	R = 46
	<b>MUROS DP-1</b>	
1	Con 2,5 cms. de microhormigón en cada cara.	R = 34
2	Con 3,5 cms. de microhormigón en cada cara.	R = 38
3	El 1 trasdosado con Pladurbel 10+25 - en una cara.	R = 47
	<b>MUROS DP-11</b>	
1	Con 2,5 cms. de microhormigón en cada cara.	R = 42
2	El 1 regresado con 2 cms. de microhormigón en una cara.	R = 44,5
3	El 1 trasdosado con Pladurbel 10+25 en una cara.	R = 49,5

### 5.2. Tabiquería

**Norma NBE-CA-82: Tabiques interiores (mínimo) 30/35 dBA. Tabiques de separación (mínimo) 45 dBA**

TIPO	TABICERIA TRADICIONAL	RUIDO AEREO (dBA)
1	4 cms. ladrillo H/S 1,5 cms. enlucido yeso (cada cara)	R=32
2	9 cms. ladrillo H/S 1,5 cms. enlucido yeso (cada cara)	R=35
3	11 cms. ladrillo macizo 1,5 cms. enlucido yeso (cada cara)	R=46
4	13 cms. hormigón armado	R=50
5	6 cms. escayola 8 cms. escayola 10 cms. escayola	R=32 R=36 R=39
6	6 cms. pladur trillaje	R=33
7	72 cms. pladur metal (13+46+13)	R=40 (Sin F.V.) R=43 (Conf.V.)
8	100 cms. pladur metal (15+70+15)	R=43 (Sin F.V.) R=45 (Conf.V.)
	<b>MUROS DP-1</b>	
1	Con 2,5 cms. de microhormigón en cada cara.	R=34
2	Con 3,5 cms. de microhormigón en cada cara.	R=38
3	El 1 trasdosado con Pladurbel 10+25 en una cara.	R=47
	<b>MUROS DP-11</b>	
1	Con 2,5 cms. de microhormigón en cada cara.	R=42
2	El 1 regresado con 2 cms. de microhormigón en una cara.	R=44,5
3	El 1 trasdosado con Pladurbel -- 10+25 en una cara.	R=49,5

### 5.3. Forjados

#### Norma NBE-CA-82: Aislamiento a ruido aéreo (mínimo) 45 dBA. Aislamiento a ruido de impacto (mínimo) 80 dBA

TIPO	FORJADO TRADICIONAL	AISLAMIENTO ACUSTICO (NBE-CA-82)	
		AEREO DBA	IMPACTO DBA
1	Unidireccional de 20 cms. con bovedilla cerámica y solado de 80 kg/m <sup>2</sup> con 1,5 cms. de enlucido - de yeso.	R=48	L <sub>N</sub> =87
2	Losa de hormigón armado de 20 - cms. con solado de 80 kg/m <sup>2</sup> .	R=59	L <sub>N</sub> =76
3	Forjado reticular de 20 cms. con bovedilla cerámica y solado de 80 kg/m <sup>2</sup> con 1,5 cms. de enlucido de yeso.	R=50	L <sub>N</sub> =85
FORJADO DRAGADOS-PLASTBAU			
1	Capa de compresión de 4 cms. con to nervio 16 cms. con placa N-10 y 60 cms. entre ejes de nervios de 12 cms.	R=38,5	L <sub>N</sub> =94,5
2	El mismo con moqueta Saipolan (2mm).	R=38,5	L <sub>N</sub> =86
3	El mismo con moqueta punzonada (3mm).	R=38,5	L <sub>N</sub> =82,5
4	El mismo con moqueta de bucle - de espuma de poliuretano (7mm)	R=39,5*	L <sub>N</sub> =70
5	El mismo con pavimento de terrazo flotante sobre lámina fonpex de 5 mm y 50 kg/m <sup>3</sup> .	R=47,5	L <sub>N</sub> =75
6	El mismo con pavimento de terrazo sin flotar.	R=45*	L <sub>N</sub> =85*

\* DATOS ESTIMADOS

### 5.4. Conclusiones

1.º Una fachada es un elemento mixto, formado por huecos y parte ciega, donde los ele-

mentos más débiles, acústicamente hablando, son las ventanas.

Por otra parte es conocido que el aislamiento global de un elemento constructivo mixto es, como máximo, 10 dBA mayor que el del elemento constructivo más débil (NBE-CA-82. APARTADO 1.36).

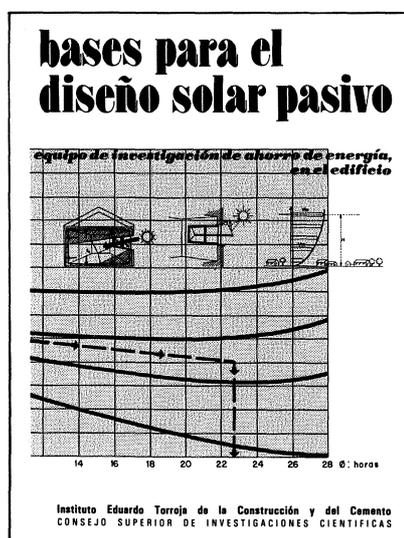
En conclusión, basta con disponer de un aislamiento acústico en parte ciega de 40 dBA para tener la seguridad de cumplir la norma en todos los casos en que el porcentaje de huecos sea  $\leq 25\%$ .

Por lo tanto todas las soluciones de muros Dragados-Plastbau que tengan un aislamiento acústico igual o superior a 40 dBA, son válidas sin necesidad de análisis.

- 2.º Todos los muros Dragados-Plastbau cumplen la norma para tabiques interiores.
- 3.º Los muros Dragados-Plastbau I tienen que ser trasdosados para poder ser empleados como elementos de separación con zonas comunes o con otras viviendas.
- 4.º Los muros Dragados-Plastbau II pueden ser utilizados como elementos de separación, siempre y cuando el espesor de las cáscaras de microhormigón sea igual a 3,5 cm.
- En otro caso tendrán que ser trasdosados.
- 5.º El forjado del sistema Dragados-Plastbau sólo cumple la norma de aislamiento aéreo y a impacto mediante un pavimento pesado y flotante, exactamente igual que los forjados tradicionales.

\* \* \*

## publicación del i.e.t.c.c.



Equipo de Ahorro de Energía en el edificio

Dirección y coordinación:  
Arturo García Arroyo

M.<sup>a</sup> José Escorihuela  
José Luis Esteban  
José Miguel Frutos  
Manuel Olaya  
Bernardo Torroja

selectividad en la aplicación de los sistemas y procedimientos pasivos dando origen a un ecumenismo arquitectónico solar, al margen de las condiciones climáticas y funcionales específicas de cada caso y lugar.

En este libro, utilizando criterios y metodología pedagógicos, se dan los fundamentos e instrumentos teórico-prácticos necesarios para el planteamiento de todo proyecto arquitectónico solar pasivo, de acuerdo con los principios éticos y económicos de conservación y ahorro de energía. Es decir: respeto de los presupuestos bioclimáticos, búsqueda de la máxima captación y acumulación de la radiación solar, y esmero en el aislamiento térmico de los cerramientos.

Un volumen encuadernado en cartulina ibiza plastificada, a cinco colores, de 16 x 23 cm, compuesto de 216 páginas, 217 figuras, 87 gráficos, 19 tablas y 10 cuadros.

Madrid, 1983. Precios: España 2.100 ptas.; 30 \$ USA.

Las dificultades de suministro y el alto coste de los productos energéticos convencionales han despertado la atención de los usuarios, técnicos e industriales de la edificación hacia los procedimientos y sistemas en que se basa el aprovechamiento de otras fuentes alternativas de energía, principalmente la solar. Esto ha generado un rápido desarrollo industrial y comercial que, en opinión de los autores de este libro, arrastran los siguientes defectos: un mimético tecnologismo respecto de los sistemas convencionales que violenta las peculiaridades de la energía solar (baja densidad y variabilidad en el tiempo), y una escasa