

*Congreso de Innovación Tecnológica en la Edificación CITE – 2011***LA ABSORCIÓN ACÚSTICA A RUIDO DE IMPACTO EN PLACAS DE AISLAMIENTO TÉRMICO DE SUELO RADIANTE**

Fernando Israel Olmedo Zazo <sup>1</sup>; Carlos Morón Fernández <sup>2</sup>; Alfonso García García <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Alumno Máster Innovación Tecnológica en Edificación, E.U. Arquitectura Técnica de Madrid*

<sup>2</sup> *Dpto. de Física e Instalaciones Aplicadas a la Edificación. E.T.S. Arquitectura.*

**Palabras Clave:** *La absorción proforma*

**Resumen**

*Actualmente en el mercado existen una reducida variedad de materiales específicos de ruido de impactos. Los materiales que han de ser utilizados como material resiliente, han de cumplir unos valores muy bajos del módulo de elasticidad E. Mientras el valor del caucho blando está en el orden de los 100 kg/cm<sup>2</sup>, el valor del acero es de 2.100.000 kg/cm<sup>2</sup> (21.000 veces mayor). Estos valores tan bajos hacen que diferencias de apenas 50 kg/cm<sup>2</sup> produzcan variaciones muy importantes en las ganancias de aislamiento acústico.*

*La realización de los ensayos de caracterización acústica a ruido de impacto en laboratorio es un proceso largo y caro. En primer lugar se necesita elaborar un forjado de referencia, que ha de ser ensayado de forma independiente. Con posterioridad, se ha de colocar la losa flotante, y volver a realizar la prueba. Con la diferencia de las medidas realizadas, se determinan los valores de módulo de elasticidad.*

*Como alternativa a este método, en la ponencia del congreso "TECNIACÚSTICA GANDÍA 2006" sobre "estudio de cinco métodos para determinar las propiedades dinámicas de capas elásticas para la mejora del aislamiento a ruido de impactos", presentada por Francisco Simón, David K. Anthony, M<sup>a</sup> José Fernández, proponen un total de cinco alternativas al ensayo indicado en la norma.*

*Al margen de las condiciones acústicas, las placas de suelo radiante necesitan garantizar unos valores mínimos de aislamiento térmico. Con las actuales necesidades normativas, la solución habitual consiste en la superposición de dos materiales: en primer lugar, inmediatamente sobre el forjado, se coloca el material encargado de proporcionar el aislamiento acústico, generalmente una lámina flexible de polietileno. Encima de ella se coloca la placa de aislamiento térmico, generalmente una plancha de poliestireno expandido con resaltes en las que se encajan las tuberías que conducen el agua calefactada.*

*El poliestireno expandido convencional, no tiene unos valores de módulo elástico suficientemente bajo para poder actuar como material resiliente. Para conseguir estos valores, es necesario elastificar el material mediante su introducción en una prensa (Poliestireno expandido elastificado EEPS). La utilización de esta técnica es incompatible con el proceso de fabricación de planchas moldeadas con tetones para la integración de los soportes de las tuberías. La lámina flexible de polietileno, si tienes valores aceptables, tanto de aislamiento térmico como acústico, en cambio no es posible la integración de*

los tetones durante su proceso de fabricación para soportar las canalizaciones de agua.

El objetivo de la investigación consiste en integrar en una única placa las características tanto térmicas como acústicas necesarias para satisfacer todas las necesidades.

Como se ha indicado más arriba, los materiales resilientes han de cumplir unos valores muy bajos del módulo de elasticidad  $E$ . Mientras el valor del caucho blando está en el orden de los  $100 \text{ kg/cm}^2$ , el valor del acero es de  $2.100.000 \text{ kg/cm}^2$  (21.000 veces mayor). Pero no es menos cierto que con acero, dando la forma adecuada (un helicoide) se consigue un elemento muy elástico, un muelle. Tal es así, que variando la forma se puede conseguir el módulo de elasticidad  $E$  deseado, resultando utilidades tan dispares como el resorte de un bolígrafo o la suspensión de un coche.



**Fig. 1: Muelle de bolígrafo.**



**Fig. 2: Muelle de suspensión de coche**

Por otro lado, y como se ha indicado anteriormente, la determinación de los valores mecánicos de los materiales aislantes térmicos es cara y complicada. Como objetivo secundario de la investigación, se establece el proponer un ensayo alternativo, más rápido y económico que el propuesto por la norma para facilitar el estudio de nuevas alternativas, sin tener que hacer grandes desembolsos económicos en ensayos.

## **Introducción**

La metodología de trabajo consiste básicamente en determinar de forma analítica la forma más adecuada de la base de las placas, y posteriormente ensayar su idoneidad.

Reduciendo la sección de la placa en su base de forma regular y puntual, se consigue que toda la carga se transmita por unos “pilares”, produciendo la plastificación del EPS en esos puntos, de forma análoga a como lo hace en la prensa para conseguir el EEPS.

Conociendo los espesores y módulos de elasticidad de los materiales usuales de aislamiento a ruido de impactos, y conocidas las características del EPS, es simple determinar la sección que ha de tener el EPS para que tenga una deformación equivalente a la del material que se haya tomado de referencia.

El EPS no es un material usado habitualmente para soportar cargas, por lo que su comportamiento mecánico no está muy estudiado. Como se ha indicado anteriormente, para la mejora de su comportamiento al ruido de impactos, el material es sometido a una carga. En función de esa carga, varía el valor de su módulo de elasticidad  $E$ .

En paralelo a la determinación de la forma más adecuada de la placa como elemento de absorción del ruido de impacto, la investigación busca un método alternativo para determinar el comportamiento a ruido de impactos de nuevas soluciones constructivas, sin la complejidad y el coste de los ensayos normalizados.

Una vez realizados los ensayos con el método alternativo propuesto, y de cara a poder establecer una comparativa con el método normalizado, se procederá a realizar los ensayos por el método normalizado in situ, de todas las placas ensayadas.

A este respecto cabe destacar que no es objetivo de este estudio el plantear un método que sustituya el actualmente previsto en la norma, sino que lo complementa. El método alternativo propuesto está previsto para la determinación experimental de modelos a pequeña escala, antes de proceder a su ensayo normalizado para la certificación de una determinada solución constructiva. Se trata de poder asegurarse a bajo coste que la solución propuesta es la óptima.

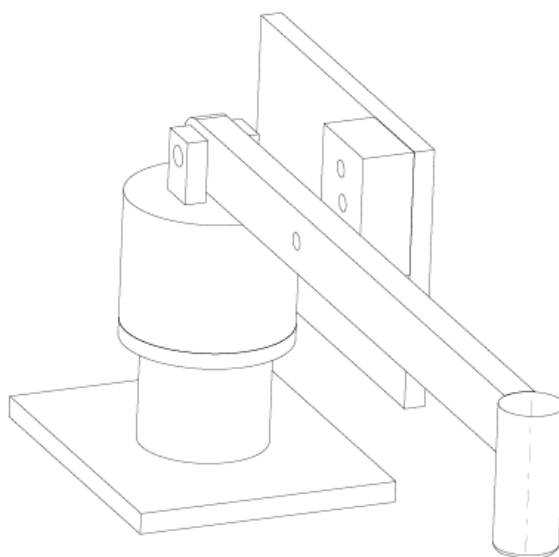
### ***Dispositivo experimental***

Para la realización de este estudio experimental, además del material habitual de un laboratorio de materiales de construcción, se ha contado con dos elementos singulares: el martillo de golpeo y el sensor de ensayo.

La premisa fundamental de cara al diseño de la martillo de golpeo es conseguir que el golpeo sea uniforme para todos los golpes efectuados. La disposición de golpeo que mejor se adapta a esa condición es la de péndulo. Colocando el extremo del martillo sobre una eje, conseguimos que el golpeo se realice siempre desde con la misma trayectoria. Fijando el punto de inicio, el golpeo será siempre igual. Dada las diferentes alturas que tienen las probetas, el sistema debe de permitir adaptarse a todas las posibles alturas.

La máquina de golpeo diseñada está compuesta por una base formada por un doble pilar roscado. El pilar inferior está fijo a una base plana. El pilar superior es el que dispone del eje sobre el que gira el martillo. La rosca de los dos pilares permite adaptarse a la altura de la probeta. Como se acaba de indicar, en la coronación del pilar superior, se sitúa el eje sobre el que gira el martillo.

En el eje longitudinal del martillo, se realiza un taladro. En paralelo al plano de la trayectoria del martillo, se sitúan una placa, con un macizado. Cada una de estas piezas cuenta con unas perforaciones idénticas, en el radio de la perforación del eje del martillo. Por estas perforaciones se



*Ilustración 1: Diseño martillo de golpeo*

hace pasar un bulón que sujeta al martillo en la posición deseada. Retirando el bulón, se produce la caída del martillo, siempre en las mismas condiciones.

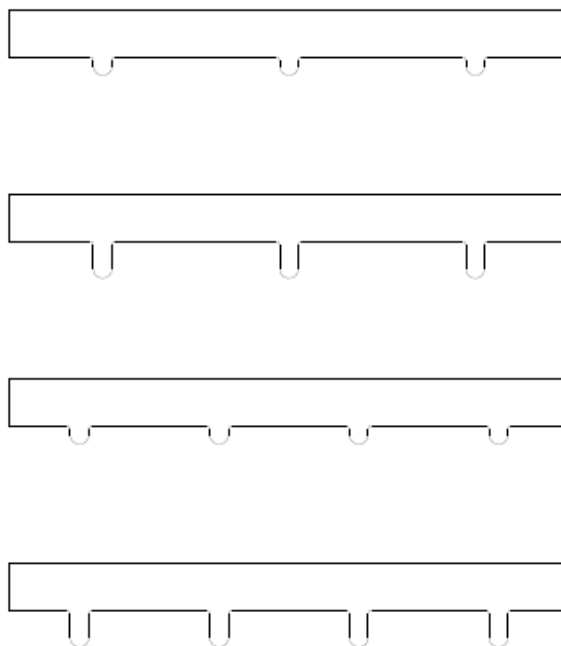
La cabeza del martillo, de conformidad con las determinaciones de la norma UNE-EN-ISO 140-3, tendrá forma redonda, con un radio de 15 mm, y una esfericidad superior a 500 mm.

El sensor consiste en la creación de un circuito eléctrico con un condensador formado por dos placas de cobre. Una de las placas de cobre se coloca en la parte superior de la placa de ensayo, justo en el lugar en que se produce el ensayo. La otra placa de cobre se coloca en la parte inferior de la placa de ensayo. Al producirse el golpeo, la placa de ensayo se deforma comprimiéndose, y por tanto, las placas de cobre se acercan entre sí. Al variar la distancia de las placas entre sí, varía la geometría del condensador, y por tanto su capacidad.

El circuito dispone de un voltímetro programado para tomar las medidas de la diferencia de potencial en intervalos muy cortos de tiempo. El sensor se completa con un fuente de alimentación que hace que la carga introducida en el circuito sea constante. Por tanto, conocida la caída de tensión, se puede extrapolar el movimiento de la placa.

Las placas con tetones para suelo radiante se realizan mediante la tecnología del moldeado. Se crea un molde con la contraforma de la placa que se desea realizar, se rellena de materia prima en forma granular, y mediante presión y temperatura, el material suelda. La realización de esos moldes es cara y conlleva varios meses de trabajo, pero permite la realización de grandes series de forma rápida, lo que lo hace idónea para la producción, pero inapropiado para un proceso experimental. Alternativamente, mediante un proceso de corte se puede conseguir la forma necesaria. Este procedimiento es lento, pero apenas requiere de inversión inicial, lo que lo hace inútil para grandes series, pero óptimo para pequeñas producciones. Se opta por las planchas mecanizadas.

En un primer momento, se optó por crear una placa cuadrada de 30 cm de lado. Para la determinación de la forma de la placa se optó por fijar la sección de un tetón de sección cuadrada de 1 cm de lado en la parte inferior de la placa. Partiendo de ese



*Ilustración 2: Diseño original de placa*

Placa	Nº tetones	Altura	Material
1	9	20	Mecanizada
2	16	20	Mecanizada
3	12	20	Mecanizada
4	9	10	Mecanizada
5	12	10	Mecanizada
6	12	20	Mecanizada
7	12	10	Mecanizada
8	16	10	Mecanizada
9	0	0	Suelo radiante
10	0	0	Suelo radiante
11	0	0	EEPS
12	0	0	EEPS

*Tabla 1: Numeración de placas en función de alturas y tipologías.*

tetón tipo, se tomaron tres disposiciones de tetones (9, 12 y 16 tetones por placa), cada una de ellas con dos alturas (1 y 2 cm). Cada una de las placas se completó con una solera de mortero normalizado de 4 y 5 cm de espesor. Además, como placas de referencia se complementó la experimentación con placas del mismo tamaño (30x30 cm) de EEPS y placas de suelo radiante convencionales.

Durante el proceso de encofrado, vertido del mortero, y posterior curado de las placas, se produjeron tres circunstancias no previstas:

- Las patas de las placas eran excesivamente esbeltas y en muchas placas se rompían. Esta situación era incompatible con una producción seriada para la venta.
- El peso de la capa de mortero plastificaba las secciones de los pilares, como lo hace la prensa para la producción del EEPS. Por tanto, el valor que se había tomado de referencia para la determinación de la sección óptima, era mucho más alto que el existente en las placas.
- La dimensión de la máquina de ensayos normalizada es de 50 cm. El tamaño de la placa diseñada no era suficiente para la realización del posterior ensayo normalizado in situ para establecer las comparaciones en los dos métodos de medida.

Ante esta circunstancia se ha decidido a repetir las probetas modificando el diseño de la placa en dos puntos:

- La sección de los pilares no es constante, sino troncocónica, siendo más finos en la punta y más gruesos en la unión con el resto de la placa.
- Se ha aumentado la dimensión de la placa a 50x50 para poder realizar el ensayo normalizado in situ.

### **Conclusiones**

Por los trabajos realizados hasta el momento, es necesario seguir con la realización de ensayos para llegar a la forma óptima que mejor se comporte frente al ruido de impacto en el entorno doméstico.

### **Agradecimientos:**

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado a través de las aportaciones de las placas facilitadas por **EMPOLIME, S.A.**, el útil de ensayo facilitado por **DOROTEO OLMEDO, CONSTRUCCIONES METÁLICAS, S.L.**, el material de ensayo in situ normalizado facilitado por **PROIMA INGENIERÍA ACÚSTICA**, y el uso del laboratorio de materiales de construcción de la **ESCUELA UNIVERSITARIA DE ARQUITECTURA TÉCNICA DE MADRID**.

## **REFERENCIAS**

- [1] Código Técnico de la edificación. Documento Básico de protección frente al ruido. DB-HR
- [2] Norma básica de la edificación. Condiciones acústicas. NBE-CA-88
- [3] Tecniacústica Valladolid 1993.: Ponencia presentada por Luis Carmelo Sastre, sobre “aislamiento de forjados a ruido de impactos según las normas UNE 74-040-84-7 y NBE-CA-88”.
- [4] Tecniacústica Gandía 2006.: Ponencia presentada por Francisco Simón, David K. Anthony, M<sup>a</sup> José Fernández, sobre “estudio de cinco métodos para determinar las propiedades dinámicas de capas elásticas para la mejora del aislamiento a ruido de impactos”.
- [5] Tecniacústica León 2010.: Ponencia presentada por Carbajo, J., Ramis, J., Román, A., Alba, J., sobre “aplicación de técnicas estadísticas al diseño de materiales absorbentes”.
- [6] de la Colina Tejada, Carlos y Moreno Arranz, Antonio (2005) Acústica de la edificación. 5ª edición. Madrid. Fundación escuela de la edificación.
- [7] I.L. Ver (1970) JASA Vol.50 nº 6
- [8] I.L. Ver (1971) JASA Vol 50 nº 4
- [9] M. Heckl, E.J. Rathe (1963) JASA Vol. 35 nº 11
- [10] M.S. Auzou (1961) Ann. Inst. Tech. Bat. Et Trav. Publics nº 167
- [11] I. Cremer, J. Gilg (1970) Acústica Vol. 23