

## MÉTODO GLOBAL DE DISEÑO DE SOLUCIONES OPTIMIZADAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

PACS: 43.55.Rg

Marant, Vincent; Aguilera de Maya, Juan Luís.  
Acusttel – Acústica y Telecomunicaciones  
P.I. Benieto – C/ del Transporte, 12  
46702 Gandía (Valencia) España  
Tel: 962 866 279  
Fax: 962 954 173  
E-mail: vmarant@acusttel.com,  
web: <http://www.acusttel.com>

### ABSTRACT

In order to respond to the growing up exigencies of all the actors concerned by the integration of building solutions of acoustic insulation, a complete methodology is presented for the design of optimised systems. This method combines the most advanced simulation techniques with experimental campaigns of development and verification in field test cells. This methodology allows to control all the influencing theoretical and practical aspects and consequently, to develop accurate systems and to implant solutions with the better guaranties of success.

### RESUMEN

Frente a las exigencias crecientes de todos los actores involucrados en la integración de soluciones de aislamiento acústico en la edificación, se presenta una metodología completa de diseño de sistemas optimizados. Este método combina las técnicas de simulación más avanzadas con campañas experimentales de desarrollo y verificación en cámaras de ensayo 'in situ'. De esta forma, se consigue controlar todos los aspectos influyentes, tanto teóricos como prácticos, y por eso, es posible desarrollar sistemas innovadores e implantar soluciones con las mayores garantías de éxito.

### INTRODUCCIÓN

En el sector de la edificación, las exigencias de las legislaciones, de los promotores e incluso de los compradores de las viviendas son cada vez más estrictas en cuanto a aislamiento acústico. Para garantizar las prestaciones acústicas de los múltiples sistemas o soluciones constructivas y de los edificios en fase de proyecto, es necesario disponer de herramientas eficaces de predicción de aislamiento acústico, tanto a ruido aéreo como a ruido de impacto. Existen varios métodos teóricos [1], como los Elementos Finitos y de Contorno (FEM y BEM) [2,3,4], los análisis de distribución estadística de energía (SEA), el acoplo de impedancia [5,6], etc. Todos permiten estimar aislamientos en laboratorio, por lo menos a ruido aéreo, con sus respectivos grados de complejidad y acierto. Sin embargo el comportamiento acústico de un elemento, una vez instalado en un edificio depende de los cerramientos colindantes y encuentros, por lo que es necesario tener en cuenta estos efectos mediante cálculos basados en las normas UNE-EN 12354. Finalmente, a fin de validar los modelos y comprobar la veracidad de los resultados obtenidos, se realizan mediciones en cámaras de ensayos 'in situ'.

Con estas tres principales herramientas (predicción del aislamiento en laboratorio, simulación de las transmisiones indirectas y medida 'in situ'), el diseño de sistemas aislantes eficientes se puede dividir en dos partes: desarrollo de materiales y configuraciones optimizados, en una primera parte, e implantación de soluciones en casos concretos, en una segunda parte. A continuación se detallan cada una de estas dos partes, antes de concluir sobre los resultados globales.

## **DESARROLLO DE MATERIALES Y CONFIGURACIONES OPTIMIZADOS**

En el desarrollo de soluciones óptimas, la primera fase consiste en ensayos en cámaras de ensayos 'in situ'. Como se puede ver en la Figura 1, estas cámaras son diseñadas con el objetivo de simular un edificio real, a fin de obtener resultados de aislamiento, tanto a ruido aéreo como de impactos, muy próximos a lo que se puede encontrar en la obra. El material que se está analizando se suele montar en una configuración clásica y el resultado se puede comparar con el aislamiento correspondiente a una solución tradicional, medida en las mismas condiciones normalizadas (superficies, volúmenes, transmisiones indirectas, etc.). Por ejemplo, se colocaría un material absorbente nuevo entre dos tabiques de ladrillo y se compararía el resultado con el de una lana mineral.

Para caracterizar de forma más precisa el producto y obtener las propiedades necesarias para realizar las simulaciones, también se realizan medidas de resistencia al flujo de aire y de absorción en un tubo de Kundt diseñado para el rango de frecuencia de interés. En ciertos casos, también se puede estimar las propiedades de elasticidad, la porosidad, la tortuosidad, las longitudes características, etc.

A partir de estos primeros ensayos, se obtiene una idea del potencial del producto propuesto y se fijan objetivos de optimización. A continuación, se realiza un modelo, ajustado a cada caso y en general de acoplo de impedancia o Elementos Finitos, como el que se representa en la Figura 2, y a partir de datos realistas de excitación, de entorno y de transmisión de energía entre los diferentes elementos, es posible simular un ensayo de aislamiento a ruido tanto aéreo como de impactos. El primer cálculo siempre corresponde al caso medido anteriormente en las cámaras y permite validar el modelo.

La siguiente fase consiste en variar las propiedades físicas de los materiales utilizados en el producto bajo estudio y medidas en la fase 1 según un plan optimizado. Este plan permite, tras procesado por técnicas estadísticas avanzadas, determinar cuáles son los factores influyentes y cuantificar la influencia de éstos sobre los valores de aislamiento a ruido aéreo y de impactos mediante diagramas de Pareto y de Efectos. A partir de esta información y siguiendo la misma metodología, se define cuál es la mejor combinación entre varios materiales y cuáles son los valores óptimos de cada propiedad física de cada material. Esta tarea permite por ejemplo evitar que las frecuencias críticas coincidan en los diferentes materiales.

En la última etapa de diseño, se trata de simular el comportamiento de los elementos optimizados en la fase anterior en una configuración de albañilería tradicional de tabiquería o forjado. Para ello, además de los resultados de las simulaciones por Elementos Finitos, se puede trabajar con herramientas más rápidas, como el acoplo de impedancia o los análisis de distribución estadística de energía. En efecto, los materiales añadidos al sistema analizado son más conocidos y estudiados, y por tanto, no es imprescindible recurrir a métodos tan precisos, pero costosos, como los Elementos Finitos. Aquí se intenta en particular situar la frecuencia de resonancia por debajo de los 90 Hz.

Finalmente, se obtiene una o varias configuraciones óptimas para cada tipo de producto, que tendrán que ser validadas 'in situ' en las cámaras de ensayos. De esta forma, se dispone de una base de datos de soluciones optimizadas, que garantizan un alto potencial de aislamiento para cumplir con la normativa existente.



Figura 1. Cámaras de ensayos 'in situ' de aislamiento a ruido aéreo y de impactos

## IMPLANTACIÓN DE SOLUCIONES EN CASOS CONCRETOS

Todos los métodos de cálculo que se han descrito en los párrafos anteriores permiten conocer el valor de aislamiento de un determinado elemento en condiciones de laboratorio, se tiene en cuenta que la transmisión sonora se produce a través de este elemento. Sin embargo, en un edificio real, el ruido generado en un recinto se transmite al adyacente a través del elemento separador y de todos los elementos constructivos unidos a este. Por lo tanto, la cantidad de energía transmitida al recinto receptor depende de las prestaciones acústicas del elemento separador y del acoplamiento entre elementos (tipos de elementos colindantes y de uniones). Por lo que una misma solución constructiva, colocada en dos configuraciones diferentes nos puede dar valores de aislamiento diferentes. Debido a esta nueva visión del comportamiento acústico de los edificios, es necesario realizar cálculos de predicción que permitan obtener de forma aproximada el valor de aislamiento acústico 'in situ' de un determinado elemento durante la fase de proyecto en las diferentes configuraciones de un edificio.

Para realizar estos cálculos son necesarios los modelos de predicción, ya que son una herramienta indispensable para poder valorar la transmisión de energía a través de los diferentes caminos y poder seleccionar adecuadamente los elementos constructivos adecuados y las uniones entre los mismos para poder obtener un resultado satisfactorio de aislamiento una vez terminada la obra. Los modelos de predicción se han implementado en las Normas UNE-EN 12354 partes 1 a 4. Estas Normas permiten realizar una estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos en laboratorio, para aislamiento acústico a ruido aéreo y de impactos entre recintos y para aislamiento acústico a ruido aéreo contra ruido del exterior.

Con esta última fase de diseño, se puede decidir cuáles son las soluciones constructivas más adecuadas en cada edificio, como deben ser los encuentros entre estos elementos.



Figura 2. Ejemplo de modelo por Elementos Finitos para predicción de aislamiento

## CONCLUSIÓN

Para poder diseñar soluciones óptimas de aislamiento, es necesario conjugar diferentes técnicas, experimentales y teóricas, que permitan llevar cuenta de todos los factores significativos en el resultado global. La parte experimental se realiza en cámaras de ensayos 'in situ', mientras que los métodos de simulación comprenden principalmente análisis por Elementos Finitos o acoplo de impedancia, y estimación de transmisiones laterales según normas UNE-EN 12354.

## REFERENCIAS

- [1] Beranek L.L. Noise and vibration control. Revised edition by Institute of Noise Control Engineering (INCE), 1989
- [2] Brunskog J. y Davidsson P. Sound transmission of structures. A finite element approach with simplified room description. Acta Acustica Vol. 90(2004)
- [3] Brunskog J. y Hammer P. Prediction model for the impact sound level of lightweight floors Acta Acustica Vol. 89(2003)
- [4] Jean P. Boundary and Finite Elements for 2D Soil-Structure interaction problems. Acta Acustica Vol. 87(2001) pp. 56-66
- [5] Alba Fernández J., Ramis Soriano J. y Hernández García F. Software de predicción del aislamiento acústico a ruido aéreo. Tecniacústica 2003
- [6] Kurra S. y Arditi D. Determination of sound transmission loss of multilayered elements Part 1: predicted and measured results. Acta Acustica Vol. 87(2001)