

MODELADO DE PANTALLAS ACÚSTICAS MEDIANTE EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS

PACS: 43.50.Gf

Alba Fernández, Jesús¹; Del Rey Tormos, Romina¹; Bertó Carbó, Laura¹; Arrebola Ballesteros, Francisco¹

¹Instituto para la Gestión Integral de las Zonas Costeras IGIC.

Departamento de Física Aplicada; Escuela Politécnica Superior de Gandía; Universidad Politécnica de Valencia. C/ Paraninfo nº1

46730 Grao de Gandia. Valencia. España

Tel.: 962 849 314 - 962 849 300. Fax: 962 849 309

E-mail: jesalba@fis.upv.es, roderey@doctor.upv.es, lauberca@upvnet.upv.es;

fraarba1@epsgr.upv.es

ABSTRACT

The numerical tools well used may be an important design element in order to design or plan before acoustical screens before build them. There are different several lines of work that posed improvements in current acoustical screens: improvements in design, geometry, materials, etc. This is due to the acoustical screen is a very used element and is part of many action plans to improve the current conditions acoustics. Given the cost of these elements, have not seems feasible to manufacture multiple test screens for evaluating the improvements. Therefore, aid elements as simulation software or numerical tools can focus the problem, reducing the number of possibilities to test.

In this work has created a mathematical model in finite elements, that allows obtain the losses by insertion of different acoustical screens with different conditions. This is to, on the one hand to check the validity of this kind of tool, checking results with known theoretical expressions, and secondly, to improve acoustical screens designs.

Keywords: screens, acoustic sound, simulation, numerical tool.

RESUMEN

Las herramientas numéricas bien utilizadas pueden ser un elemento de diseño importante, para poder diseñar o planificar pantallas acústicas antes de fabricarlas. Existen diferentes líneas de trabajo que plantean mejoras en las pantallas acústicas actuales: mejoras de diseño, de geometría, de materiales, etc. Esto es debido en buena parte a que la pantalla acústica es un elemento muy utilizado y forma parte de muchos planes de acción para la mejora de las condiciones acústicas actuales. Dado el coste que tienen estos elementos, no parece factible la fabricación de múltiples pantallas de prueba que permitan valorar las mejoras. Por tanto, elementos de ayuda como un software de simulación o herramientas numéricas pueden enfocar el problema, reduciendo el número de posibilidades a probar.

En este trabajo se ha creado un modelo matemático en elementos finitos, que permite obtener las pérdidas por inserción de diferentes pantallas acústicas con distintas condiciones. Con ello se persigue por un lado la comprobación de la validez de este tipo de herramientas,

comprobando los resultados con expresiones teóricas conocidas, y por otro, poder mejorar ciertos diseños de pantallas.

Palabras clave: pantallas acústicas, materiales acústicos, simulación, herramienta numérica.

INTRODUCCION

Actualmente se están llevando a cabo diferentes proyectos de investigación que buscan la reducción de costes de los materiales acústicos a utilizar en diferentes aplicaciones. Uno de esos proyectos es NOISEFREETEX [1], proyecto LIFE09 ENV/ES/461, un proyecto europeo coordinado por el Instituto Tecnológico Textil, AITEX, y en el que participan también investigadores del campus de Gandia de la Universitat Politècnica de València, además de ATEVAL, la empresa Piel S.A. y el Centro de investigación italiano Next Technology Tecnotessile Società di Ricerca Tecnológica. En NOISEFREETEX se pretende el optimizar y validar nuevos tejidos fabricados a partir de materiales textiles reciclados, como pueden ser resinas del polvo de la hilatura, recortes, orillas o artículos defectuosos, que sean capaces de reducir la contaminación acústica en las zonas industriales próximas a las zonas urbanas.

Dentro de este proyecto se han programado diferentes actuaciones, entre ellas la valoración y el uso de herramientas numéricas, dado que éstas, bien utilizadas pueden ser un elemento de diseño importante, para poder diseñar o planificar pantallas acústicas antes de fabricarlas, dado el elevado coste que esto supone. Por tanto, elementos de ayuda como un software de simulación o herramientas numéricas pueden enfocar el problema, reduciendo el número de posibilidades a probar.

En este trabajo se ha creado un modelo matemático en elementos finitos, utilizando la herramienta COMSOL ® [2] que permite obtener las pérdidas por inserción de diferentes pantallas acústicas con distintas condiciones. Con ello se persigue por un lado poner a punto la herramienta comprobando los resultados con expresiones teóricas conocidas, y por otro, poder mejorar ciertos diseños de pantallas.

MODELOS DE PANTALLA ACÚSTICA

En este apartado se realiza un pequeño repaso a algunos de los modelos teóricos de interés.

La norma ISO 9613-2:1994 [3] especifica un método de ingeniería para el cálculo de la atenuación de la propagación sonora en exteriores para predecir los niveles de ruido a una distancia determinada. La ecuación básica que determina el nivel de presión sonora continuo equivalente en el receptor, L_{FT} , es la siguiente:

$$L_{FT} = L_w + D_c - A$$

donde L_w es el nivel de potencia sonora por bandas de octava, producida por una fuente puntual relativa a una potencia sonora de referencia de 1 pW, D_c es la corrección de directividad, la desviación del nivel de potencia con respecto a una fuente omnidireccional (toma el valor 0 para una fuente omnidireccional en campo libre), y A es la atenuación por banda de octava en decibelios, que ocurre durante la propagación de la fuente al receptor. Esta atenuación por banda de octava está compuesta por diferentes contribuciones: divergencia geométrica, correcciones atmosféricas, efecto del suelo, etc. En ellas se encuentra también la atenuación por barrera.

Para la atenuación por barrera según esta norma deben cumplirse las siguientes cuestiones:

- Que la densidad superficial sea de al menos 10 kg/m².

- Que la barrera tenga una superficie cerrada sin fugas acústicas.
- Que la dimensión horizontal normal a la línea fuente-receptor sea más grande que la longitud de onda acústica λ de la frecuencia central de la banda de octava de interés, es decir, $l_s + l_r > \lambda$, según se muestra en la figura 1, comparada con la línea de Fuente a Receptor (S-R).

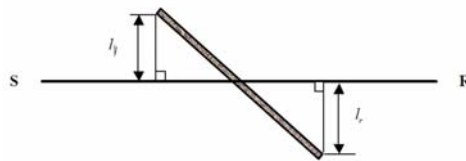


Figura 1. Vista en planta de distancias desde los bordes de la barrera hacia la línea S-R.

El resto de expresiones para la obtención de la atenuación de la barrera se recogen en la citada normativa.

Existen diferentes alternativas para el cálculo de dicha atenuación en el caso del modelo de barrera delgada [4], con el modelo mostrado en la figura 2:

$$A_{\text{barrera}} = 10 \log [3 + 10NK]$$

donde N es el número de Fresnel

$$N = \frac{2}{\lambda} (a + b - c)$$

Siendo a+b el camino más corto por encima de la barrera, c la distancia en línea recta y K un factor de corrección atmosférica:

$$K = e^{-0.0005 \left(\sqrt{\frac{abc}{N\lambda}} \right)}$$

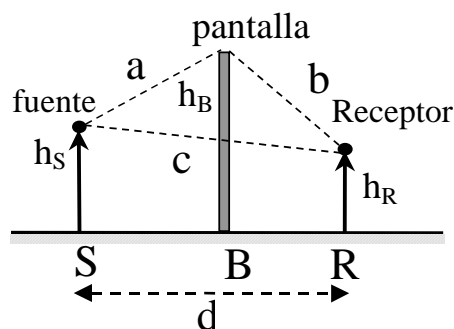


Figura 2. Modelo de pantalla delgada

También debe tenerse en cuenta el modelo de Maekawa [5], que se representa en la figura 3 y que utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Atenuación} = 20 \text{Log} \frac{\sqrt{2\pi N}}{\tanh \sqrt{2\pi N}}$$

Siendo N el número de fresnel.

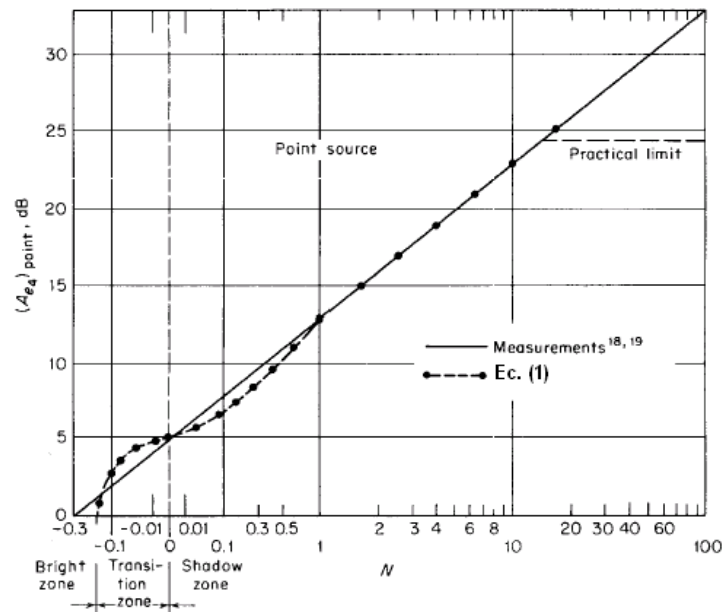


Figura 3. Atenuación según Maekawa

MODELADO EN FEM

Se ha realizado un modelado en FEM utilizando COMSOL ® de una pantalla lisa de hormigón con diferentes alturas y un espesor de 0.15 metros, con diferentes colocaciones de fuente (con una aceleración de 1 m/s^2). En la figura 4 se muestra el programa, y en la figura 5, un ejemplo de mallado con una frecuencia superior de 500 Hz.

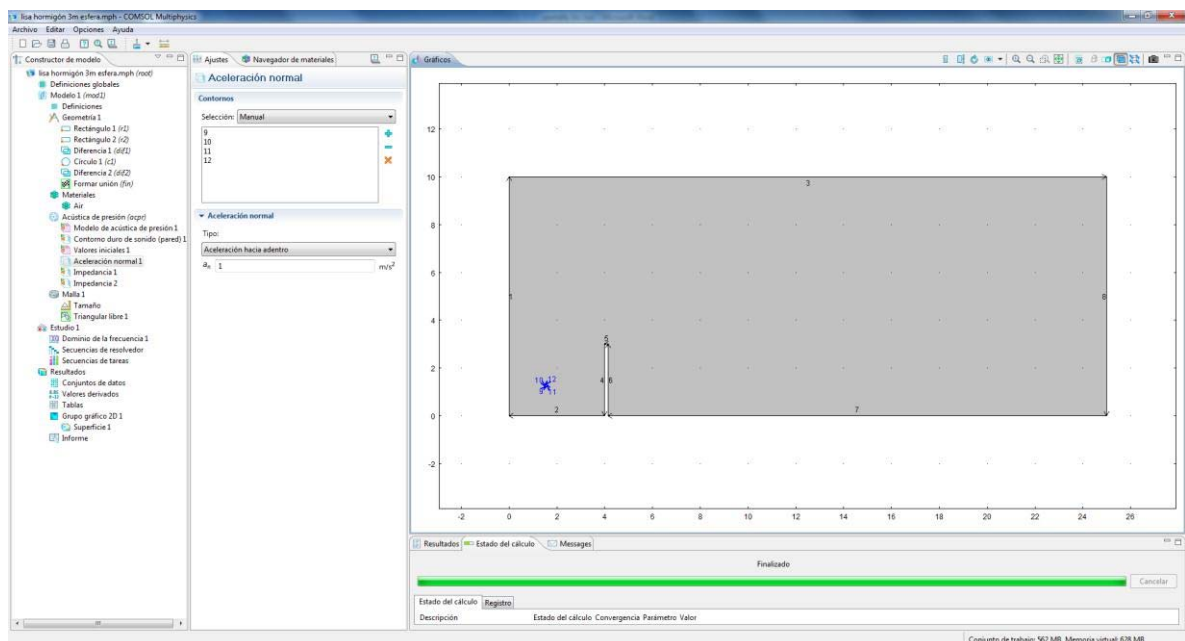


Figura 4. Programa COMSOL ® y definición de parámetros

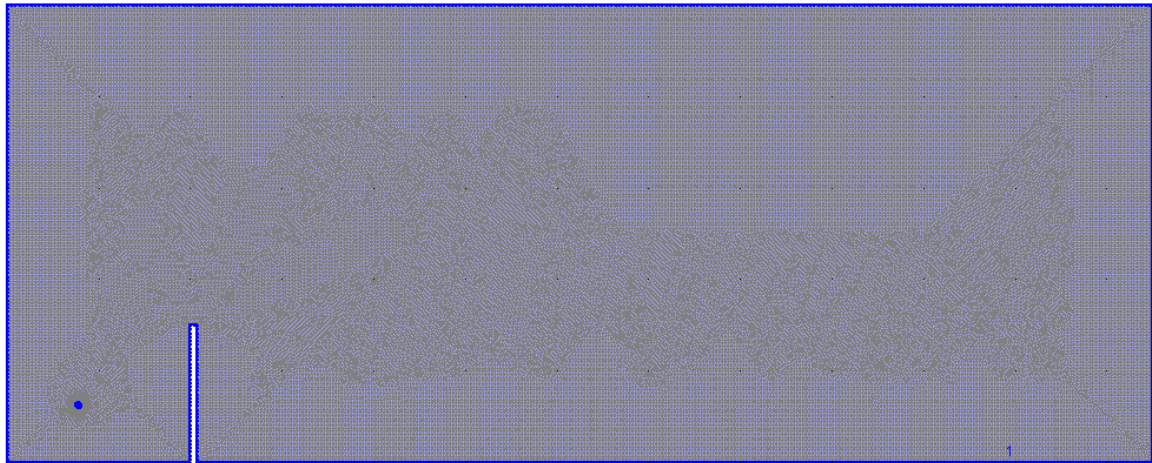
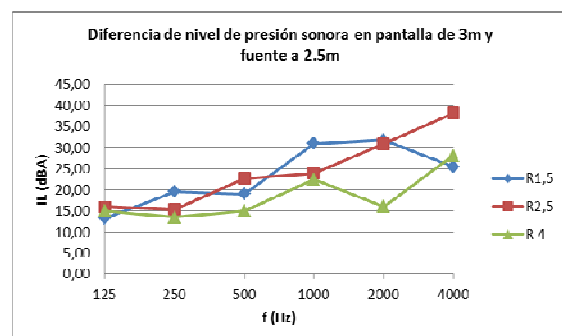
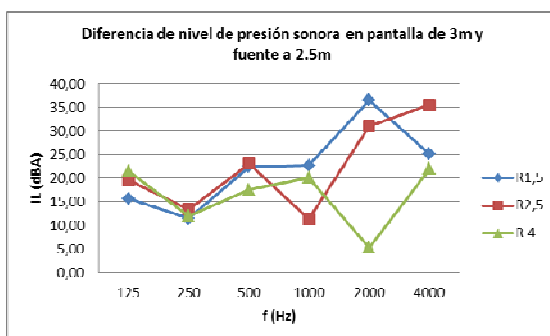
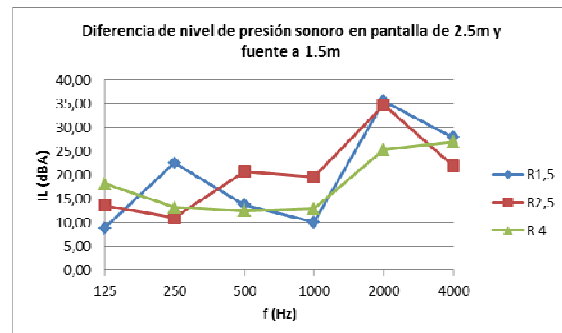
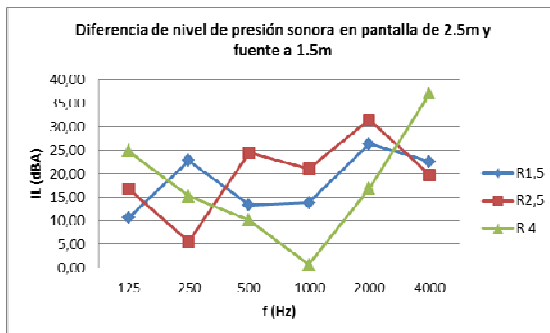


Figura 5. Ejemplo de mallado

RESULTADOS

En la figura 6 se muestran los resultados de simulación para tres casos de altura de pantallas y de fuentes con suelo reflectante y con suelo. En la figura 7, se muestran comparativas con el modelo teórico de pantalla delgada, de las pérdidas por inserción. Las dos primeras líneas tratan suelo absorbente y la tercera, suelo reflectante.



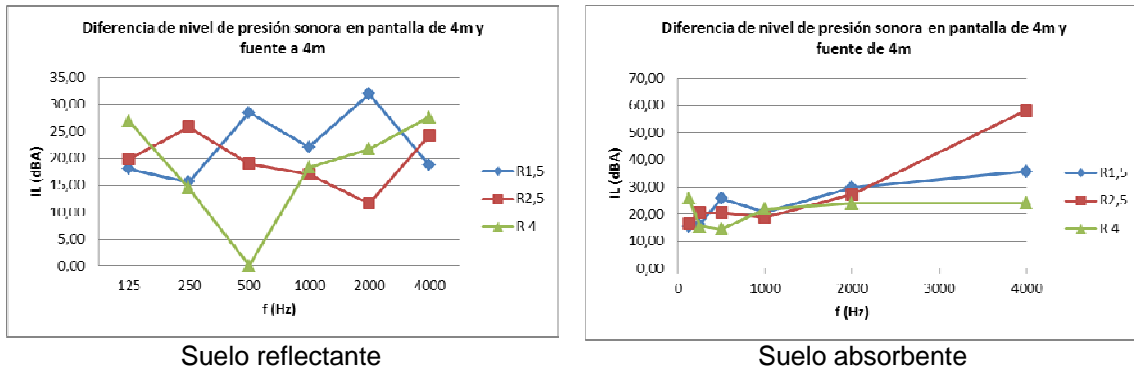


Figura 6: Diferentes simulaciones realizadas

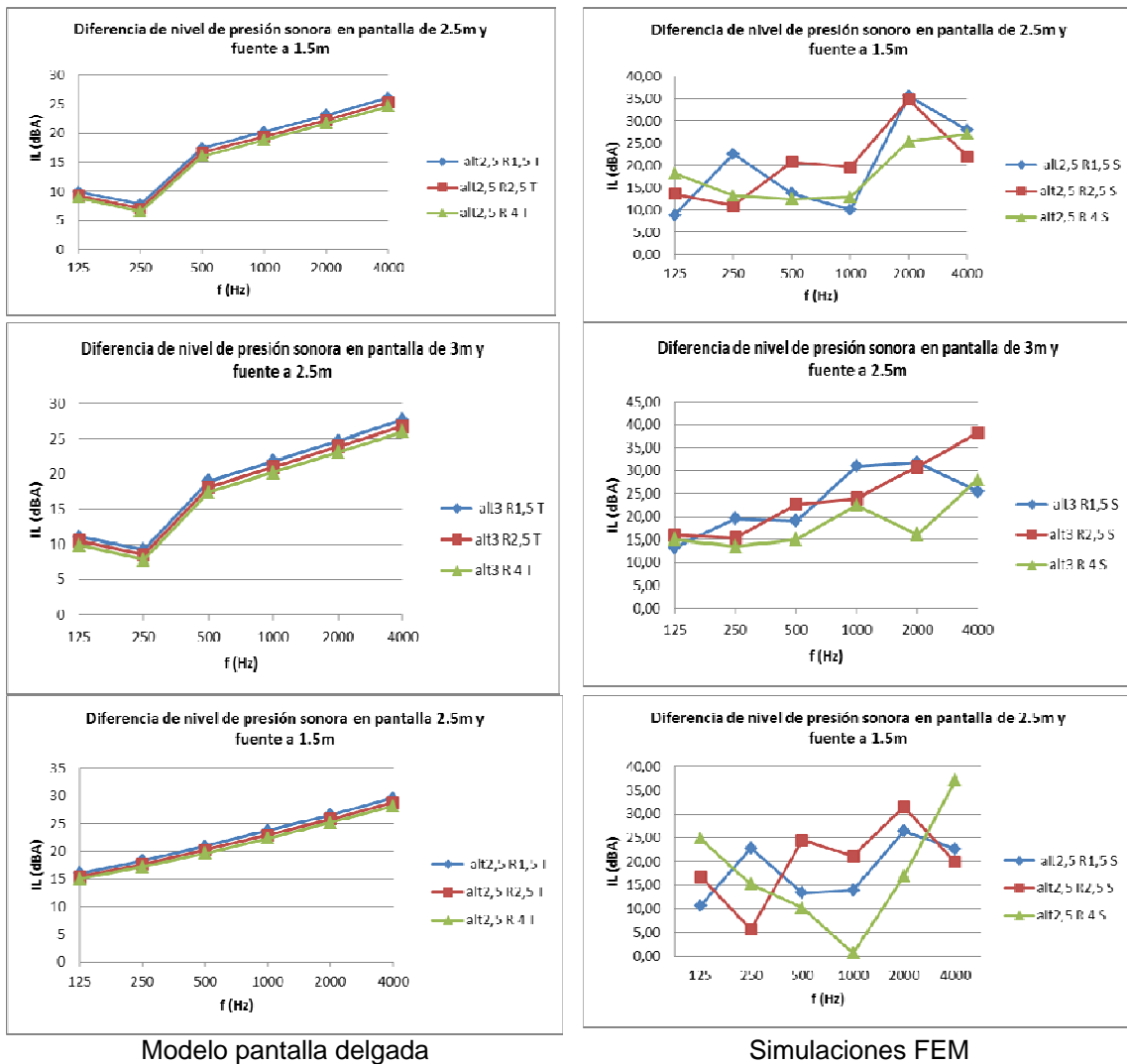


Figura 7. Comparativa

CONCLUSIONES

Los resultados anteriores evidencian diferentes cuestiones a tener en cuenta y/o modificar en la herramienta numérica, suponiendo válido el modelo teórico y observando la no concordancia de los datos del modelo con las simulaciones, aunque se observen las mismas tendencias.

Una de las cuestiones importantes a corregir es el efecto de difracción de la pantalla, que se sabe importante, y al cierre de este documento todavía no se ha tenido en cuenta. Otra cuestión importante es la revisión de las condiciones de contorno, asociadas a la impedancia acústica y la absorción sonora en función de la frecuencia. Esto será motivo de futuros trabajos.

AGRADECIMIENTOS

This project counts on the contribution of financial instrument LIFE of the European Union. Project LIFE09 ENV/ES/461.

REFERENCIAS

- [1] <http://noisefreetex.aitex.net/>
- [2] www.comsol.com
- [3] ISO 9613-2. (1994). Acoustic- Attenuation of sound during propagation outdoors.
- [4] MAEKAWA, Z.(1968). Noise reduction by screens. Applied Acoustics. N° 1, pp. 157-173.
- [5] C. Harris, MANUAL DE MEDIDAS ACÚSTICAS Y CONTROL DEL RUIDO. 2 VOLUMENES. McGRAW HILL; TERCERA/THIRD edition (1995)