

## INFLUENCIA DE LOS PARAMETROS DE CONFORMADO EN EL COEFICIENTE DE ABSORCIÓN ACUSTICA DE FIBRAS PROVENIENTES DE RECICLADO DE NEUMATICOS (NFU's)

PACS: 43.55.Ev

M. Zamorano Cantó<sup>1</sup>; J. Segura Alcaraz<sup>2</sup>; A. Nadal Gisbert<sup>3</sup>; J.E. Crespo Amorós<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Politécnica de Valencia, Departamento ingeniería textil y papelera E.P.S.A., Campus d'Alcoi, 03801 Alcoy, Spain [mzamoran@upvnet.upv.es](mailto:mzamoran@upvnet.upv.es).

<sup>2</sup> Universidad Politécnica de Valencia, Centro de tecnologías físicas, Campus de vera s/n Valencia, [jsegura@mcm.upv.es](mailto:jsegura@mcm.upv.es)

<sup>3</sup> Universidad Politécnica de Valencia, Departamento ingeniería mecánica y materiales, E.P.S.A., Campus d'Alcoi, 03801 Alcoy, Spain [anadal@mcm.upv.es](mailto:anadal@mcm.upv.es)

<sup>4</sup> Universidad Politécnica de Valencia, Departamento ingeniería mecánica y materiales, E.P.S.A., Campus d'Alcoi, 03801 Alcoy, Spain [jocream@dimm.upv.es](mailto:jocream@dimm.upv.es)

### ABSTRACT

En este trabajo se realiza un estudio de la absorción acústica de la fibra o "fluff" proveniente de neumáticos reciclados (NFU's) en función de diferentes parámetros de conformado, tratando de dar una respuesta al problema medioambiental generado por estos residuos.

El objetivo del trabajo, es el estudio de los parámetros óptimos de temperatura, presión, masa y tiempo de exposición, con el fin de conseguir una caracterización de diferentes fibras provenientes de residuos de NFU's.

Los resultados muestran como el proceso de conformación de las fibras influye en el rango de frecuencias y valor de la absorción acústica.

### 1.- Introducción

Con el rápido crecimiento del número de vehículos en todo el mundo, la cantidad de NFUs que se producen, así como las enormes reservas del pasado, los neumáticos de desecho presentan muchos peligros potenciales. Pueden contaminar las aguas subterráneas, la enfermedad del puerto llevando mosquitos en agua estancada, son inflamables y una vez en llamas, muy difícil de extinguir

La eliminación de los neumáticos al final de su vida es un problema creciente. Estamos asistiendo a un desarrollo de las tecnologías para recuperar los materiales de mayor valor y energía a partir de neumáticos de desecho

Son numerosos los trabajos y estudios que buscan una salida a los materiales generados con los NFUs en el campo de la acústica. Benkeira et al.[1] proponen un polímero como el poliuretano en forma de espumado para unir las fibras y el granulado de caucho obteniendo unos resultados que pueden competir con productos comerciales en el rendimiento de absorción acústica y aislamiento térmico. José Jimenez-Espadafor [2], resalta los problemas medioambientales y de salud que los residuos de neumáticos causan y que esto ha forzado a los gobiernos a desarrollar leyes para reciclar. Enumera los diferentes procesos de reciclaje

para los NFUs y diseña un proceso de compactación del fluf con un adhesivo y un geotextil para compactar las fibras textiles a fin de usarlas como absorbedor acústico. Sienkiewicz [3] hace hincapié en la resistencia a la biodegradación de los residuos de NFUs y apunta como fuente de materias primas reutilizables tanto como nuevos materiales poliméricos o como carburantes fósiles. A.bartl [4] repasa las tecnologías disponibles para el reciclaje de las fibras en los textiles, alfombras, materiales compuestos especifica la necesidad de caracterizar y procesar adecuadamente las fibras provenientes de los NFUs como materia prima valiosa y apunta como una posible aplicación la adición de estas fibras al hormigón como material de refuerzo aumentando la resistencia a las sollicitudes mecánicas. F. Asdrúbali [5] analiza y optimiza el proceso de manufactura de materiales granulados provenientes del reciclaje de los neumáticos como candidatos a ser utilizados en aislantes del sonido. Investigando la influencia del tamaño de grano la concentración y la densidad, creando un prototipo a gran tamaño que al ser expuesto al sonido en una habitación reverberante (ISO 140-8) obtuvo unos resultados comparables a los materiales existentes en el mercado. J.Ramis[6], busca nuevos materiales para ser utilizados en el ámbito de la insonorización en la edificación y presenta un material absorbente basado en fibras vegetales concretamente el kenaf y propone una modelización empírica basada en el comportamiento absorbente de varias composiciones de este material en función de las frecuencias.

En este estudio trabajamos en el comportamiento como absorbedores acústicos de diferentes clases de fibras textiles provenientes de diferentes métodos de extracción y separación en el reciclado de NFUs.

Mediante diseño de experimentos hemos elaborado una distribución de los parámetros necesarios para la conformación de un panel que tenga máxima asorbanza acústica al mayor rango de longitudes de onda, mediante un proceso de termo compresión, y con la aportación aglutinadora y adhesiva de las partículas residuales de caucho fijadas a las fibras, teniendo en cuenta el umbral de las temperaturas de transición vítrea de las fibras  $T_g$  y de las porciones de caucho presentes en la mezcla.

## 2.- Fundamentos teóricos

El coeficiente de absorción acústica se determina con la ecuación 1:

$$\alpha = 1 - |r|^2 \quad (1)$$

r es el coeficiente de reflexión que se determina mediante la ecuación 2:

$$r = \frac{H_{12} - H_i \cdot e^{2j \cdot k_0 \cdot x_1}}{H_R - H_{12}} \quad (2)$$

Donde:  $H_{12}$  es la función de transferencia compleja,  $H_i$  es la función de transferencia de la onda incidente,  $H_R$  es la función de transferencia de la onda reflejada,  $k_0$  es el número de onda complejo,  $x_1$  es la distancia desde la muestra hasta el micrófono más alejado.

El coeficiente de reflexión varía entre 0 y 1 en función de si el material se comporta como absorbente o reflectante acústico, respectivamente.

El coeficiente de reflexión se relaciona con la impedancia acústica específica, que es la resistencia que opone el material al paso de las ondas acústicas, mediante la ecuación 3:

$$\frac{Z}{\rho \cdot c_0} = \frac{R}{\rho \cdot c_0} + j \cdot \frac{X}{\rho \cdot c_0} = \frac{(1+r)}{(1-r)} \quad (3)$$

En un material perfectamente absorbente acústico el coeficiente de reflexión es igual a cero por lo que la impedancia acústica específica es igual a uno ( $Z_0=1$ ). Por otro lado cuando un material es perfectamente reflectante la impedancia acústica específica sería infinita ( $Z_0=\infty$ )

### 3.- Experimental

#### 3-1.-Materiales

Se han empleado 3 clases de fibra (Fig. 1), diferentes entre si según su procedencia y método de extracción, la fibra a la que denominaremos número uno, está formada por hilos en su mayoría retorcidos a dos cabos, la fibra numero dos constituida por fibras y la muestra número tres formada por una combinación entre la uno y la dos. (Fig.2)



Fig. 1.- fibras uno, dos y tres (de izquierda a derecha)



Fig. 2.- comparativa de longitudes y composición de las tres fibras

La fibra uno (Fig.3) tiene un rango de longitudes extenso, siendo normal en hilos de recuperación, al no ser producidos en origen donde los parámetros físicos son perfectamente programables.

La fibra dos (Fig.4) al ser fibras muy cortas, casi polvo, están más igualadas en cuanto a longitudes debido al útil utilizado en el procesado del residuo.

En la fibra número tres (Fig.5) la distribución por longitudes nos indica que en su composición están presentes las otras dos clases compuestas por hilos y fibras por lo tanto tenemos longitudes más largas que en la dos que hay solo fibras.

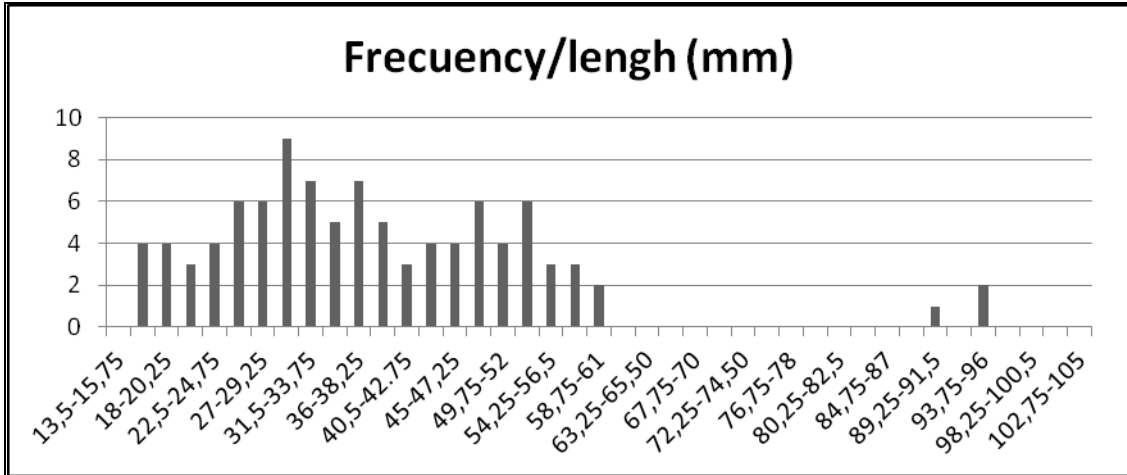


Fig. 3.- Muestra uno formada por hilos rango de longitudes amplio

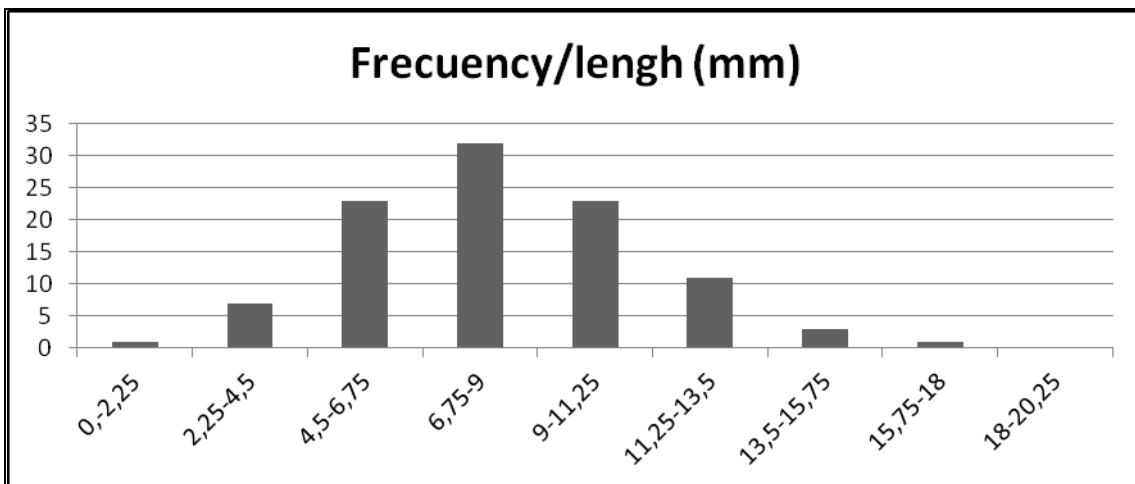


Fig. 4.- Muestra dos compuesta por fibras de corta longitud y rango más reducido

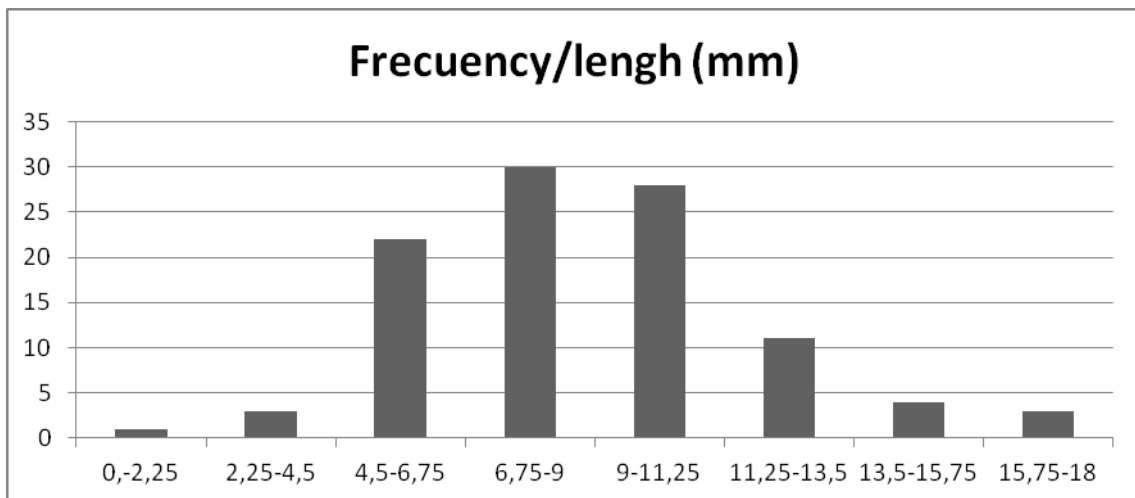


Fig.5.- Muestra tres mezcla de la dos y la uno pero en este caso los hilos son más cortos

En la vista al microscopio (Fig.6) observamos el grosor o diámetro de las muestras y en las siguientes graficas (Fig.7-8y9) la frecuencia con que aparecen en las muestras número uno, dos y tres.

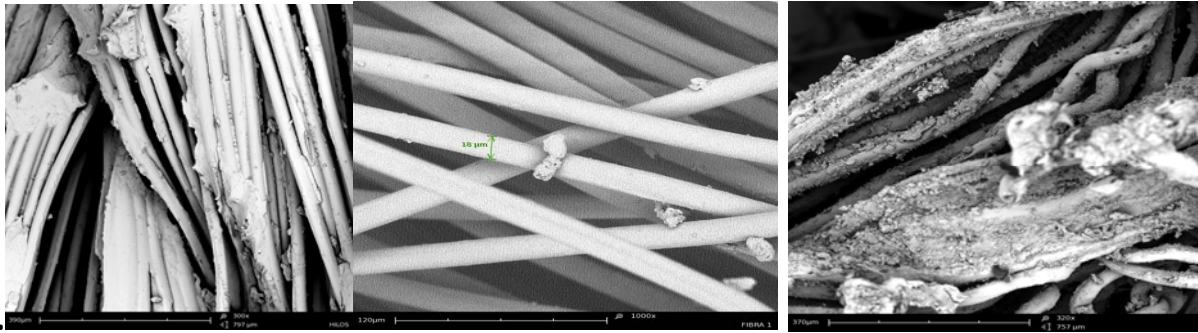


Fig.6.- Muestra uno dos y tres consecutivamente (e izquierda a derecha)

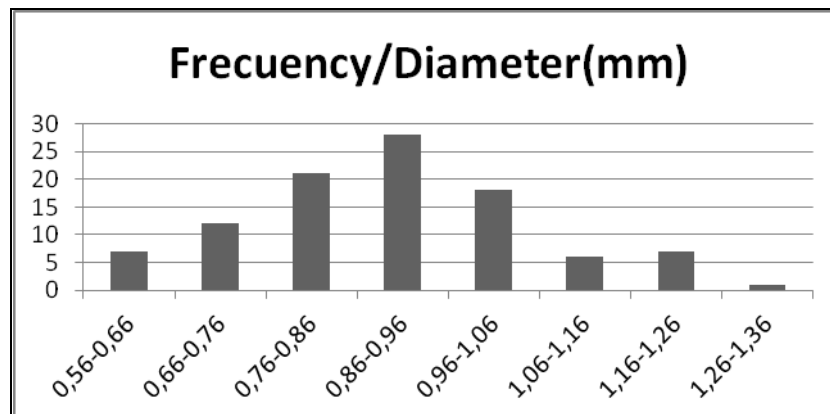


Fig.7.- Muestra uno amplio rango de diámetros hilos simples y dobles

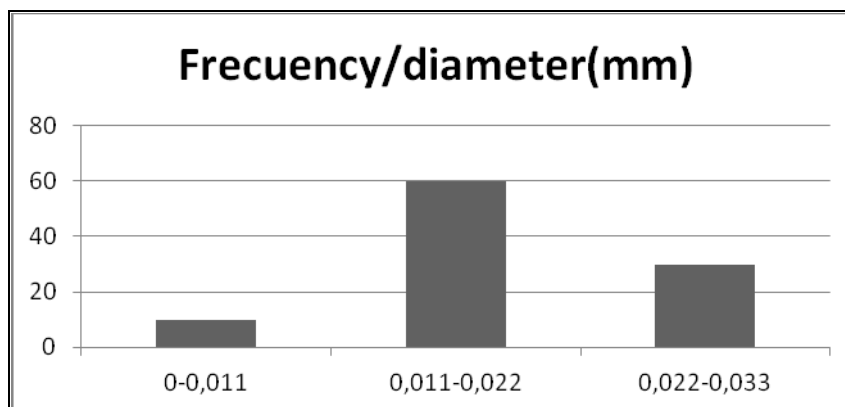


Fig.8.-Muestra dos, diámetros pertenientes a solo una clase de fibras

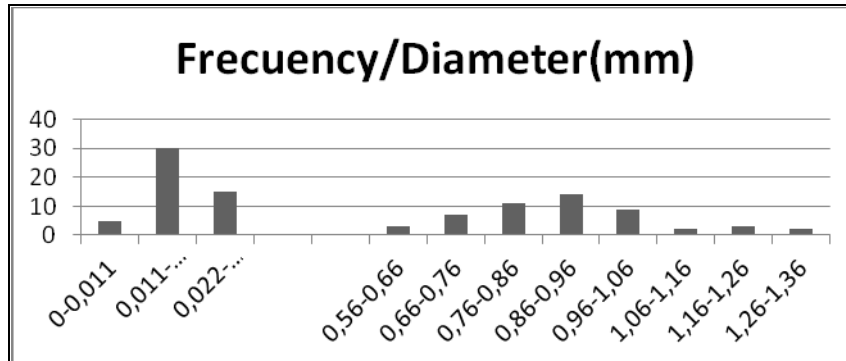


Fig.9.-Muestra tres compuesta por fibras e hilos se ven claramente dos distribuciones

### 3-2.- Equipo

Se ha utilizado una prensa de platos calientes,(Fig.10) fabricada por la empresa Robima S.A. (Valencia) de 10 Tm. de máxima capacidad de carga, a la que se le han instalado unos platos calientes de 300°C de temperatura máxima.

En la determinación del Coeficiente de Absorción Acústica se emplea el método que establece la Norma UNE EN ISO 10534-2:2002 . El coeficiente de absorción acústico a incidencia normal fue medido mediante un tubo de impedancia modelo 4206 T de Brüel & Kjaer, en el rango de frecuencias de 100 a 5000 Hz. sistema multi-analizador PULSE de 4 canales de Brüel & Kjaer, modelo 3560 C, amplificador de potencia de Brüel & Kjaer, modelo 2716 C, micrófonos ¼ de pulgada de Brüel & Kjaer, modelo 4187 y software Material Testing para Pulse de Brüel & Kjaer, modelo 7758 (Fig.11).



Fig.10.- Prensa de platos calientes



Fig. 11.- Detalle del tubo de impedancia

#### 4.- Resultados

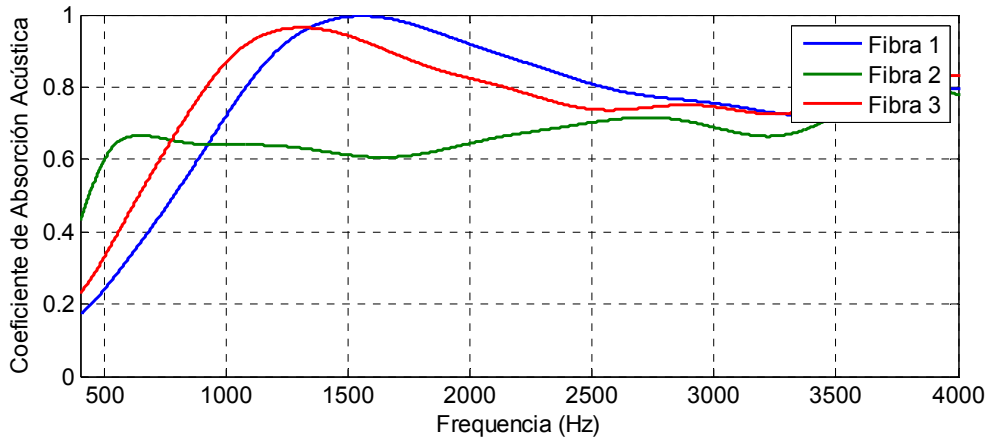


Fig.12.-Coeficiente de absorción de las tres muestras a distintas frecuencias

En la gráfica (Fig.12) vemos como la fibra número uno alcanza el Valor máximo de absorción a 1400-1700 Hz, a bajas frecuencias 300-700 Hz los valores de absorbancia rondan el 20%, la fibra número dos se comporta mejor con las ondas de baja frecuencia hasta 700 Hz los valores del coeficiente de absorción 45 al 65% y después muestra una estabilidad mayor que la fibra uno en todo el rango de frecuencias que van del 60 al 80% sin llegar a los valores de la fibra uno, por último la fibra tres, que como hemos podido observar anteriormente es una mezcla de las dos fibras, está en una posición intermedia como podíamos esperar, tanto a bajas frecuencias como en los máximos en frecuencias más altas

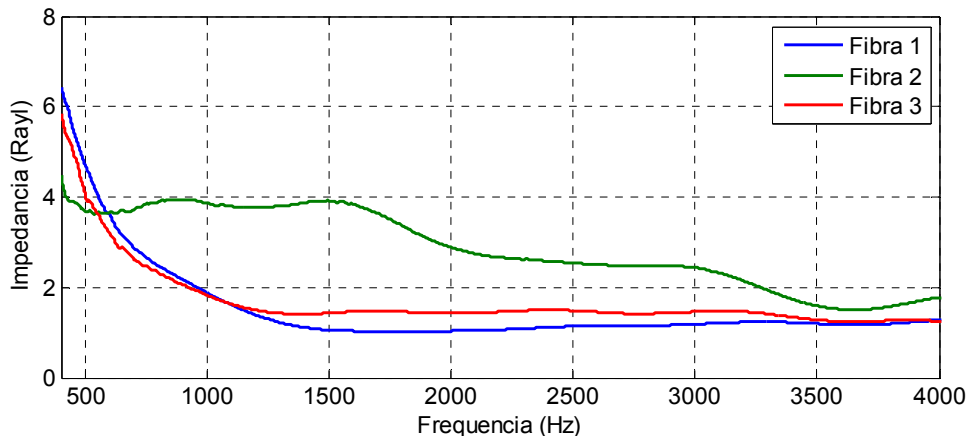


Fig.13.- valores de la impedancia acústica, in versos a los de absorción.

La grafica que representa los valores de la impedancia acústica (Fig.13) demuestra que a mayor coeficiente de absorción menos valor de impedancia o sea menos reflectancia de las ondas incidentes en la muestra y viceversa.

## 5.- Conclusiones

La distinta distribución de longitudes y de diámetros con una conformación adecuada Dan como resultado diferentes comportamientos en cuanto a la absorción acústica, en muestras del mismo grosor y las mezclas entre ellas dan resultados intermedios, vemos que con los resultados obtenidos los restos textiles provenientes de NFUs son buenos candidatos para competir con los productos comerciales en la lucha contra el ruido, convirtiendo parte del causante del problema, la circulación rodada, en parte de la solución.

## Agradecimientos

En este trabajo se presentan resultados del proyecto BIA2013-41537-R (BIAEFIREMAT). "Desarrollo de nuevos eco-materiales y soluciones constructivas sostenibles para edificación basado en el uso de residuos y materias primas renovables" que está financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España y cofinanciado con fondos FEDER., dentro del Programa Estatal I+D+I orientada a los Retos de la Sociedad 2013.

## Referencias

- [1] H. Benkreira, A. Khan, K.V. Horoshenkov, Chemical Engineering Science, 66 (2011) 4157-4171.
- [2] F.J. Jimenez-Espadafor, J.A. Becerra Villanueva, M.T. García, E.C. Trujillo, A.M. Blanco, Materials & Design, 32 (2011) 3608-3616.
- [3] M. Sienkiewicz, J. Kucinska-Lipka, H. Janik, A. Balas, Waste Management, 32 (2012) 1742-1751.
- [4] A. Bartl, A. Hackl, B. Mihalyi, M. Wistuba, I. Marini, Process Safety and Environmental Protection, 83 (2005) 351-358.
- [5] F.A.a.F. D'alessandro, International Journal of Acoustics and Vibration 16 (2011) 119-125.
- [6] J. Ramis, J. Alba, R. del Rey, E. Escuder, V.J. Sanchis, Materiales De Construccion, 60 (2010) 133-143.