



## Propiedades acústicas de materiales obtenidos de productos ecológicos.

M.T. Lorenzana Lorenzana<sup>a</sup>, Dolores García Vidaurrázaga<sup>a</sup>, José A Álvarez Díaz<sup>a</sup>, Guillermo Alonso Carro<sup>a</sup> y Julio González Suárez<sup>b</sup>.

<sup>a</sup>E.U. de Arquitectura Técnica de la Universidad de A Coruña, Campus de la Zapateira s/n, 15192 A Coruña, España, [lorenzana@udc.es](mailto:lorenzana@udc.es)

<sup>b</sup>E.T.S de Arquitectura de la Universidad de Valladolid, Avda de Salamanca s/n, 47014 Valladolid, España.

**RESUMO:** Se pesquisaram as características de novos materiais obtidos a partir de produtos ecológicos (palha, pinheiro, toxo, milho, cachimbo e cascas de amendoins) alternativos a determinados productos contaminantes utilizados nas cavidades de paredes ligeiras.

Assim estudamos as características absorventes em particions ligeiras com os novos materiais e os comparamos com os usuais.

Una vez determinadas suas características absorventes se compararam com alguns produtos comerciais e se optimiza o seu emprego para diversos usos.

Em dois das mostras estudadas se realizaron medidas com duas espessuras e com deferentes câmaras de ar posterior com o fin de poder determinar, pelos dois métodos, a impedancia característica e a constante de propagação de ambos los dois aglomerados.

**ABSTRACT:** There have been investigated the acoustic characteristics of new materials made from ecological products (straw, arume of pine and tojo, ears of maize, pipes(pips) and rinds of peanuts), alternative to certain products pollutants used in the cavities of light walls. This way we have studied the absorbent characteristics in light partitions with the new materials and have compared them with the usual ones. Once determined his(its,her) absorbent characteristics are compared with some commercial products and his(its) employment is optimized for diverse uses. In two of the studied samples we have realized measured to two thicknesses and with different chambers(cameras) of later(posterior) air in order to be able to determine, for both methods, the typical impedance and the constant of spread of both agglomerates.

### 1. INTRODUCCIÓN

La instalación de materiales absorbentes en las cavidades de paredes ligeras para mejorar la pérdida de transmisión de sonido, se conoce desde hace décadas. Los materiales absorbentes de sonido tradicionalmente empleados para tales aplicaciones son fibras minerales (fibra de vidrio, lana de roca) y espumas de poliuretano, poliéster de magnitud menos flexible. Debido a los posibles efectos adversos para la salud del trabajador con fibras minerales sintéticas, es obvia la necesidad de explorar otros materiales para su uso como absorbentes de cavidades de paredes y además son un recurso eficiente.

Para la mejora del aislamiento, podemos actuar sobre las frecuencias críticas y de resonancia de una pared doble, diseñando hojas de materiales diferentes, una de ellas blanda a la flexión (cartón-yeso o chapa metálica, por ejemplo) para que las hojas tengan frecuencias críticas y de resonancia diferentes (trasdosados).

La reducción de puentes acústicos con las hojas totalmente independientes entre sí y de las superficies perimetrales mejoraría el aislamiento, utilizando tabiquería de montaje en seco. Si

el material colocado en la cavidad es absorbente, amortiguamos el efecto de las reflexiones en ella.

En este trabajo, primeramente estudiamos las propiedades acústicas de tales materiales, con dos espesores, en algunos de ellos, y distintas cámaras de aire posterior, que nos permitirían determinar la impedancia característica y la constante de propagación. Estos aglomerados se comparan con otros productos comercializados, de estructura similar (virutas de madera).

Posteriormente, analizamos la posible mejora de sus cualidades absorbentes a determinadas frecuencias, con la colocación de membranas (policloruros de vinilo, flocado autoadhesivo, e incluso láminas metálicas) y se relaciona su absorción eficaz con la rigidez de dichas capas.

Para finalizar, estudiamos las características absorbentes de estos materiales como tabiquería seca, utilizada bien en trasdosados, sobre muros de obra o en particiones ligeras, y las comparamos con algunas soluciones usuales.

## 2. METODOLOGÍA.

Hemos consolidado seis productos ecológicos (hierba, hojas de pino, mazorcas de maíz trituradas, tojo, pipas y cáscaras de cacahuetes) con diferentes radios de mezcla y usando un sistema ligante idéntico para ellas, a excepción de las mazorcas de maíz, donde el aglomerante es diferente y tres muestras de cada tipo. La colocación de las partículas, para formar el aglomerado, es totalmente aleatoria. Esto puede provocar una mayor resistencia al flujo que los valores correspondientes al mismo material con disposición paralela. Desordenando la disposición, se tiende a crear una senda tortuosa para el flujo de aire a través del material y por tanto, se aumenta la resistencia al flujo de aire.

La estructura está formada por partículas semi-rígidas interconectadas y espacios vacíos en los cuales se puede propagar una pequeña onda de compresión.

La velocidad del sonido y la atenuación para la onda compresional en el medio poroso, dependerá del tamaño de los poros y de la proporción de poros abiertos. Estas propiedades están largamente relacionadas con el tamaño, la forma y el grado de compactación de las partículas que constituyen la estructura rígida.

Las partículas tienen diferente tamaño (ancho de las partículas de arume de pino 0,55 mm, de pipas 5,98 y las de maíz 2 mm) y presentan roturas o microporos, los cuales pueden afectar al comportamiento acústico.

Se han preparado tres muestras de cada material para las medidas en el tubo de impedancia y los resultados son los promedios resultantes. Los resultados se han realizado dos veces en días diferentes para la reproducibilidad de las medidas y las desviaciones son de 5%.

Las propiedades físicas de los aglomerados las podemos resumir en la siguiente tabla 1.

Tabla 1- Propiedades físicas de los aglomerados ecológicos.

	Hierba (1)	Pino (2)	Tojo (3)	Maíz (4)	Pipas (5)	Cacahuetes (6).
<b>Espesor (mm)</b>	39.68/ 25.67	25.71	26.58	26.65	44.53/27.51	27.84
<b><math>\rho</math> (kg/m<sup>3</sup>)</b>	520/463	483	450	213	418/446	440

Las propiedades acústicas se midieron usando un tubo de impedancia con dos micrófonos B & K 4206 (UNE EN ISO 10534-2) para el rango de frecuencias de 100 a 1600 Hz. Con este equipo se midió la impedancia de cada muestra a incidencia normal con dos espesores, en las muestras 1 y 5 y con distintas cavidades de aire, para poder determinar, por ambos métodos, la impedancia característica y la constante de propagación, datos de gran importancia para el desarrollo de nuevos modelos.

La dificultad de obtener muestras de diámetro pequeño, de igual espesor que la muestra grande, para la obtención de resultados a frecuencias altas nos ha impedido ampliar el estudio en todo el rango de frecuencias.

### 3. RESULTADOS EXPERIMENTALES.

#### 3.1 Características absorbentes.

Comenzamos el estudio por las cualidades absorbentes de las muestras con dos espesores, aglomerados 1 y 5, y representamos sus coeficientes de absorción e impedancia, parte imaginaria, frente a la frecuencia (de 100 a 1600 Hz), en las figuras 1 y 2, respectivamente. Observamos (figura 1) que la forma de las curvas de absorción de las muestras 1 es diferente. La más gruesa presenta un máximo de absorción a 800 Hz y luego desciende, mientras que la muestra de hierba de menor espesor resulta más eficaz para corregir por absorción determinados niveles, a partir de 1000 Hz.

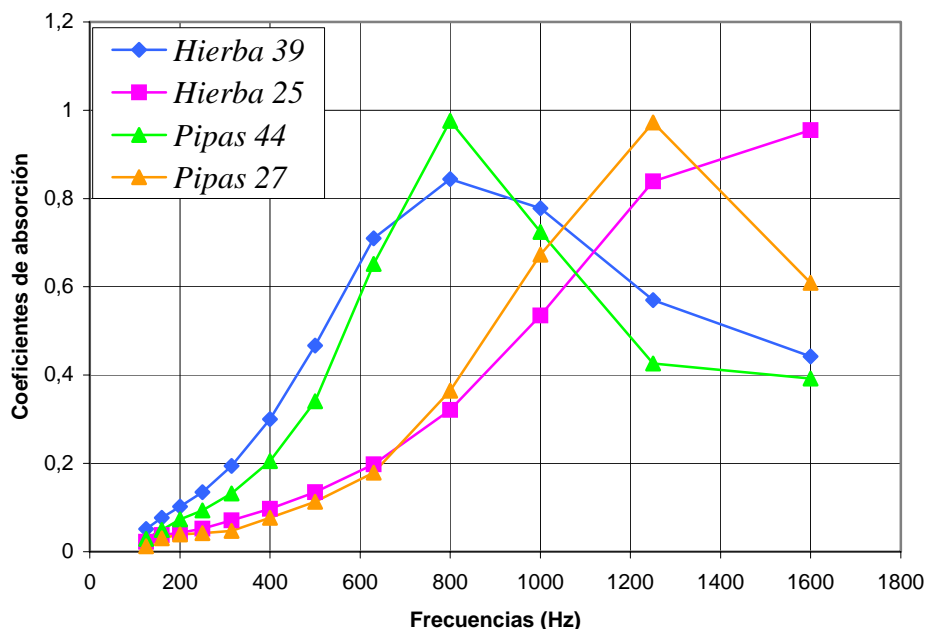


Figura 1- Curvas de absorción de las muestras 1 y 5 frente a la frecuencia.

Por lo que se refiere a las muestras 5 (pipas), la de mayor espesor tiene el máximo a la frecuencia de 800 Hz, mientras que la más fina está en 1250 Hz, pero con igual valor.

Además, excepto en la frecuencia de resonancia, las muestras de hierba más gruesas tienen una absorción mayor que la de pipas de mayor espesor, en el rango de frecuencias estudiado. Los valores de la parte imaginaria de la impedancia ratio, representados en la figura 2, muestran que los aglomerados más gruesos, en ambos materiales, presentan un desfase con respecto a las muestras de menor espesor y sus valores son más elevados en las muestras de hierba. La parte real de la impedancia es positiva en todas las muestras. La influencia de la cámara de aire posterior en las propiedades acústicas de las muestras es la esperada, aumenta con el espesor de la cavidad a frecuencias graves.

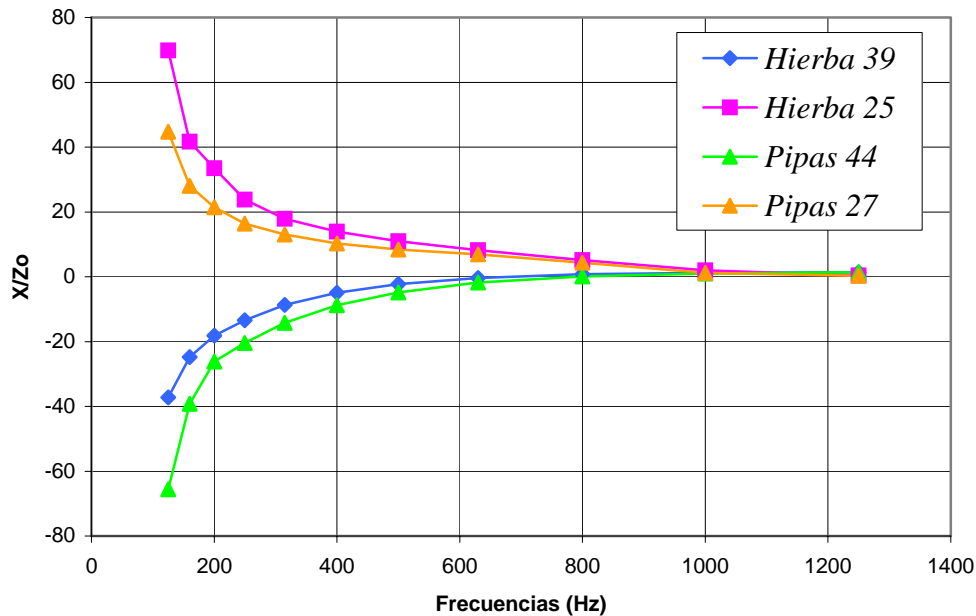


Figura 2- Parte imaginaria de la impedancia, frente a la frecuencia, de las muestras 1 y 5.

El efecto del espesor de la cámara de aire posterior en la muestra 1, de mayor grosor, lo mostramos en la figura 3 mostramos, donde representamos el aumento efectivo de la absorción con la cavidad. Dicha eficacia se evalúa a partir de las diferencias favorables entre los valores de los coeficientes de absorción con cámara, respecto a los valores con pared rígida, a cada frecuencia, y para distintos espesores.

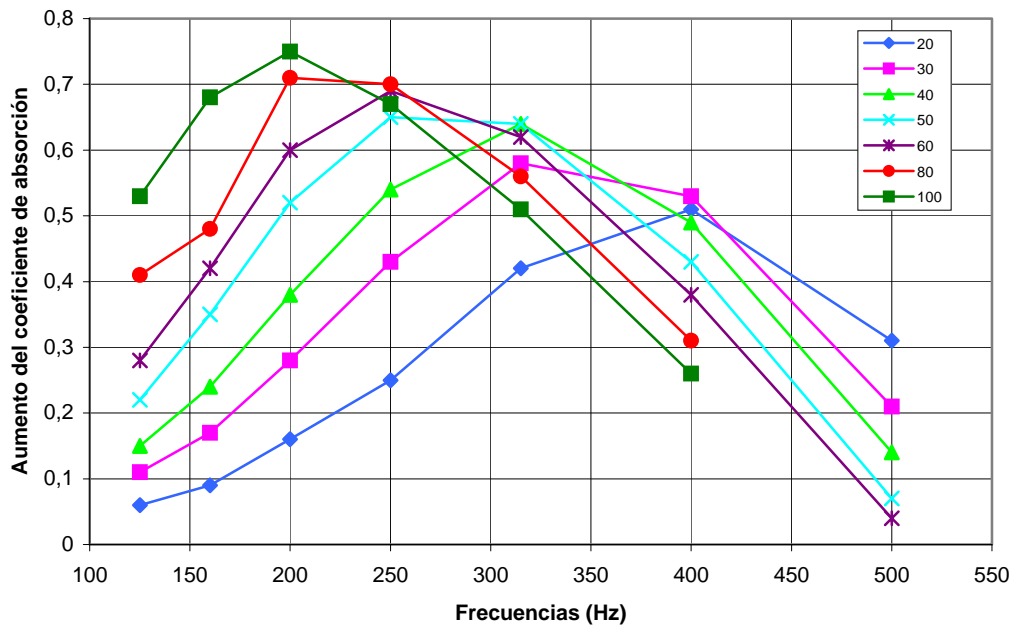


Figura 3- Efectividad absorbente de la cavidad de la muestra 1.

Apreciamos que la menor variación eficaz de la absorción se produce con la cámara de 60 mm de espesor (4 %) a 500 Hz. Por otro lado, los valores de estos mínimos de absorción eficaz para las cavidades de 40 y 30 mm de espesor están en una relación numérica sencilla (2 y 3), respecto a la eficacia absorbente (7 %) de la cámara de 50 mm de espesor a dicha frecuencia. La eficacia absorbente para las cavidades mayores, 80 y 100 mm, se produce hasta 400 Hz. En el resto de frecuencias, en el rango de 100 a 1600 Hz, es mayor la absorción de la hierba sobre una pared rígida.

La parte real e imaginaria de la impedancia ratio, para todas las cavidades, es positiva y sus valores disminuyen con el espesor de la cavidad. Así, para 20 mm de espesor, su reducción es la mitad, respecto a los valores de la muestra en la pared rígida, a 100 Hz.

Las características absorbentes de las demás muestras estudiadas son dispares. Los aglomerados 2 y 3 presentan la absorción más baja de todas. En la figura 4 representamos los coeficientes de absorción con la frecuencia de las demás muestras.

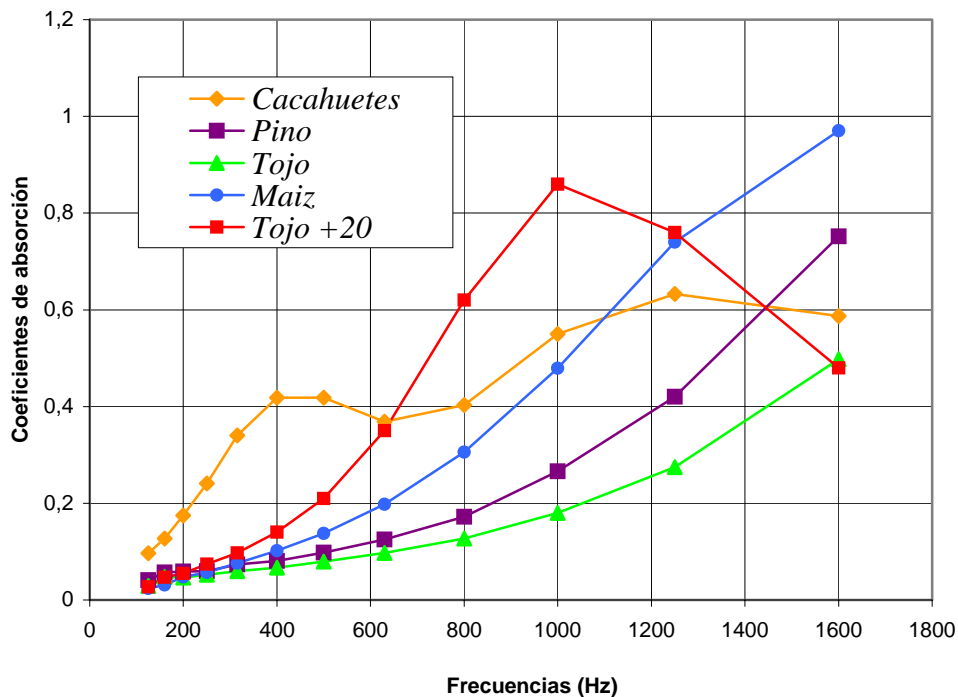


Figura 4- Curvas de absorción frente a la frecuencia de las muestras 2, 3, 4 y 6.

Así, en la muestra de tojo el aumento de la absorción con la frecuencia es lineal, en el rango de 200 a 800 Hz, y no supera el 10 % hasta 600 Hz. El efecto de la cavidad de aire posterior, para este material, aunque sea de pequeño espesor, 20 mm, es importante. Para 1 kHz la absorción es mayor del 60 % respecto a la pared rígida. Observamos que la forma de la curva de absorción es diferente, presentando un máximo más ancho. Algo similar sucede con otras cavidades.

Los aglomerados de maíz y cacahuets presentan un comportamiento más dispar. En el caso de esta última muestra es muy diferente, tal vez influenciado por las oquedades en su estructura al formarse el aglomerado. Estas características estructurales parecen influir en la parte imaginaria de la impedancia, ya que presenta valores negativos altos en la zona más baja del espectro y a 200 Hz, es positiva. Además la parte real presenta también valores elevados en dicho rango.

### 3.2- Comparación con algunos productos comerciales.

Llegado a este punto, nos parece adecuado comparar estas características absorbentes, de nuestros productos ecológicos, con algunos productos comercializados de similar espesor. Utilizamos para ello virutas de madera, (H.C) y lana mineral, ambas comercializadas. La estructura aparentemente desordenada de la hierba, aunque con partículas más finas, nos lleva a su comparación con las virutas, pues parece razonable que sean similares. Los resultados nos indican que la muestra ecológica presenta mejor absorción que las virutas de madera, situadas sobre una pared rígida, en el rango de 100 a 1600 Hz. La impedancia, parte



imaginaria, es más elevada en la muestra ecológica, en el rango de 100 a 200 Hz. Para frecuencias comprendidas entre 250 y 1000 Hz son casi similares.

Respecto a la lana mineral utilizada apreciamos que, en la mayor parte del rango de frecuencias, es mayor el coeficiente de absorción de la hierba, salvo en el final del rango. En la región de los graves, son iguales.

En medidas realizadas con virutas H.C con cámara de aire posterior, aparece un descenso muy acusado de los coeficientes de absorción, lo que implica una reducción, en algunos casos de más del 40 %. Con respecto a la impedancia, parte real e imaginaria, son positivas y se produce un desfase de esta última debido a la cavidad. Lo mismo le sucede a la muestra de tojo.

Dicha muestra tenía, como hemos visto anteriormente, una absorción muy baja sobre pared rígida, con una cavidad de 30 mm de espesor, presenta una absorción mayor que la muestra comercial sobre pared rígida, excepto en las frecuencias de 1 y 1.6 kHz. Por tanto, es más recomendable cuando se emplean cavidades de aire utilizar aglomerados de tojo.

### 3.3 Efecto de las membranas.

Nos vamos a referir a la mejora de la absorción con el empleo de membranas, debido a su efecto absorbente eficaz a bajas frecuencias y en la línea iniciada por el grupo y presentado en Tecniacústica 2003 [1].

Los coeficientes de absorción con la frecuencia de las distintas membranas utilizadas, (policloruros de vinilo, flocado autoadhesivo, geotextil y lámina metálica) con el aglomerado de hierba más fino, como base soporte están representados en la figura 5 Dichos coeficientes de absorción se han obtenido por la diferencia entre su valor con membrana y los valores de la base soporte, excluyendo las contribuciones desfavorables.

La máxima contribución favorable a la absorción de las distintas membranas estudiadas se produce a 800 Hz, a excepción del geotextil, que se produce a 1kHz, y a esa frecuencia, la mejora es mayor del 30 %. Además, esta contribución favorable está relacionada proporcionalmente, (orden de las curvas), con la rigidez de las membranas, determinada por la ley de Hooke.

Hemos estudiado también el efecto sobre la absorción al utilizar otra película en la parte posterior, como una multicapa y como soporte la muestra de hierba de menor espesor.

La primera capa es flocado, la muestra, y en la parte posterior un policloruro de vinilo. Su efecto es muy pequeño, comparándolo con los resultados obtenidos para el flocado sobre hierba, y se aprecia en la zona central del rango de frecuencias, de 200 a 800 Hz. La aportación mayor a la absorción de la capa de polivinilo posterior se produce a 800 Hz y es del 12 %.

### 3.4 Características absorbentes de trasdosados y tabiques ligeros.

El estudio de las características absorbentes de estos materiales ecológicos se completa determinando dicha propiedad al colocarle escayola en la parte frontal, (posibilidad de su utilización en un trasdosado) y como relleno entre dos capas de escayola (paredes ligeras). Posteriormente se comparan con los materiales tradicionalmente empleados.

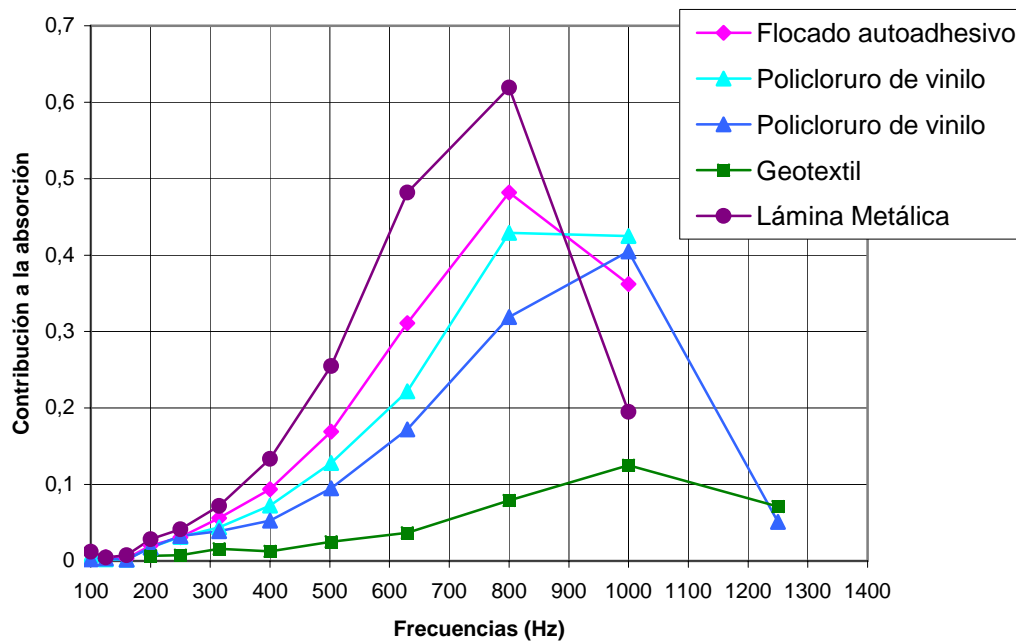


Figura 5- Eficacia efectiva de las distintas membranas sobre la base soporte de la muestra ecológica 1.

Hemos elegido la muestra 1 debido a que tiene espesores similares a algunos tradicionales y por su estructura fibroso-porosa más fina, y cartón-yeso de 12.83 mm de espesor. Dentro de los tradicionales, dos fibras de vidrio de distinta densidad y espesor.

En la figura 6 mostramos los coeficientes de absorción frente a la frecuencia, en el rango estudiado, (de 100 a 1600 Hz), para dos posibles trasdosados ecológicos, con maíz y hierba, y para dos tabiques ligeros con los dos espesores de hierba.

Se aprecia que a las frecuencias más graves (100 a 160 Hz) y la más alta del rango, es un poco mayor la absorción con el tabique ecológico que con el tabique de fibra de vidrio menos densa. En el resto del rango de frecuencias, es mayor la absorción del tabique ligero tradicional. Además los valores de la absorción para el tabique ecológico son similares a los valores del tradicional en un tercio más adelantado, en la zona central de frecuencias.

La parte real de ambos tabiques es positiva y resulta mayor para la del producto ecológico, mientras que la parte imaginaria es negativa en ambas y mayor en la partición tradicional, quizá debido a su estructura, donde sus fibras son más finas y su rigidez menor.

El tabique ecológico de menor espesor se comporta de forma más absorbente que el tradicional entre 400 Hz y 1 kHz. La parte real de ambos tabiques, es positiva y mayor para el producto ecológico, mientras que la imaginaria, es negativa a frecuencias muy graves (100 a 200 Hz) y 315 Hz para la muestra ecológica. En el resto del rango es positiva, en ambos. Debemos señalar que existe una diferencia de 5 mm en el espesor entre ambos tabiques.

El efecto favorable a la absorción de la escayola posterior se produce a frecuencias muy graves hasta 315 Hz que llega a ser del 23 % a esa frecuencia. En el resto de frecuencias, su efecto es desfavorable a la absorción.



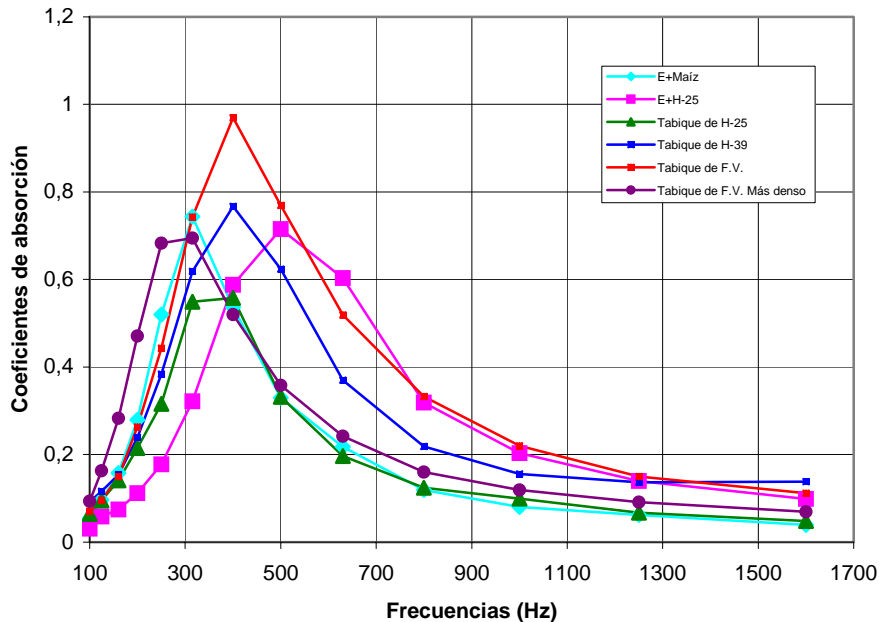


Figura 6- Coeficientes de absorción frente a la frecuencia de: cartón-yeso sobre maíz y hierba, tabiques de hierba 25/39 mm de espesor, y tradicionales.

Respecto a los posibles trasdosados ecológicos, con maíz y hierba (cuya densidad es doble), las curvas de absorción presentan una forma distinta. En la muestra de maíz, es más pronunciado su máximo, mientras que la de hierba, es más amplio. La mejora de la eficacia absorbente del maíz ronda el 10 % respecto a la de hierba, en su máximo, que en ambos materiales está a frecuencias graves (315 Hz el maíz y 500 Hz, la hierba). Además, a frecuencias superiores a 400 Hz es mayor la capacidad absorbente del trasdosado de hierba.

#### 4. CONCLUSIONES.

- Los aglomerados ecológicos estudiados (hierba, tojo, pipas, pino y cáscaras de cacahuetes) presentan unas características absorbentes comparables/mejores que algunos materiales comercializados de estructura semi-rígida e igual espesor.
- Sus propiedades absorbentes puede mejorarse con el empleo de membranas, encontrándose que la absorción de estas membranas aumenta proporcionalmente con la rigidez de las membranas.
- La efectividad absorbente de la cavidad respecto a la pared rígida, para algunos materiales ecológicos aumenta linealmente con el espesor, mostrando un espesor crítico donde el aumento deja de ser lineal. Dicha efectividad es mejor que la de algunas muestras comerciales.
- El tabique ecológico presenta un comportamiento más absorbente, en la zona central del espectro, que el tradicional.



paper ID:016/p.10

## **5. BIBLIOGRAFIA.**

- [1] Propiedades acústicas de Films. M.T. Lorenzana et al. Tecniacústica 2003.  
UNE EN ISO 10534-2. Medida de la F. de transferencia con dos micrófonos.  
Attenbough, K.H. Propiedades acústicas de medios fibrosos o granulares JASA (83).