



ABSORCIÓN ACÚSTICA DE PANELES BIOBASADOS A PARTIR DE RESIDUOS DE CORTEZAS DE *PINUS PINASTER AIT*

Gabriel PEREIRO LÓPEZ

Econatur. Departamento de I+D+i, GMG
Pontevedra (España)
imasd.gmg@gmail.com

Celso GONZÁLEZ TABOADA

Econatur. Departamento de I+D+i, GMG
Pontevedra (España)

Recibido: 25 de enero del 2022

Enviado a evaluar: 31 de enero del 2022

Aceptado: 15 de junio del 2022

RESUMEN

Con el objeto de disponer de nuevas soluciones acústicas sostenibles se estudió en tubo de impedancia la caracterización acústica de paneles de materiales biobasados elaborados a partir de cortezas de *Pinus pinaster Ait.* Así mismo, se analizaron sus prestaciones frente a productos con similar uso y se determinó la absorción acústica de diferentes soluciones constructivas, tales como falsos techos, trasdosados y tabiques ligeros empleando dichos paneles. Los resultados muestran los beneficios acústicos que aporta el empleo de estos paneles en distintas configuraciones habituales en el ámbito de la edificación y la rehabilitación.

Palabras clave: Absorbente acústico, biomaterial, corteza de pino, solución acústica.

ACOUSTIC ABSORPTION OF BIOBASED PANELS FROM *PINUS PINASTER AIT.*
BARK WASTE

ABSTRACT

In order to have new sustainable acoustic solutions, the acoustic characterization of biobased panels made from *Pinus pinaster Ait* bark waste was studied in an impedance tube. Likewise, the panels were compared with products of similar use and the acoustic absorption of different constructive solutions was determined, such as false ceilings, cladded and light partitions using said panels. The results show the acoustic benefits provided by the use of these panels in different common configurations in the field of building and rehabilitation.

Keywords: Acoustic absorber, biobased material, *Pinus pinaster* bark, acoustic solution.

ABSORPTION ACOUSTIQUE DE PANNEAUX BIOSOURCÉS DE *PINUS PINASTER* Ait DÉCHETS D'ÉCORCE

RÉSUMÉ

Afin d'avoir de nouvelles solutions acoustiques durables, la caractérisation acoustique de panneaux de matériaux biosourcés à base d'écorce de Pinus pinaster Ait a été étudiée dans un tube d'impédance. De même, leurs performances par rapport à des produits ayant une utilisation similaire ont été analysées et l'absorption acoustique de différentes solutions de construction a été déterminée, comme les faux plafonds, les revêtements et les cloisons légères utilisant ces panneaux. Les résultats montrent les bénéfices acoustiques apportés par l'utilisation de ces panneaux dans différentes configurations courantes dans le domaine du bâtiment et de la réhabilitation.

Mots-clés: Absorbant acoustique, biomatériau, écorce de pin, solution acoustique.

1. INTRODUCCIÓN

Los materiales acústicos sostenibles ayudan a mejorar el confort acústico en entornos construidos, tanto en arquitectura, como en otros sectores. Es por ello que cada vez están disponibles más materiales que pueden suponer una alternativa sostenible a los materiales acústicos tradicionales. Además, el desarrollo de materiales de construcción ecoeficientes encaja en los objetivos de los programas marco de investigación e innovación de la Unión Europea (Pacheco, 2014).

En la literatura reciente se puede observar el estado del arte en productos aislantes para la construcción fabricados con materiales naturales o reciclados que no se comercializan o se comercializan escasamente (Asdrubali et al., 2015) y sobre absorbentes de membrana y materiales fibrosos de origen natural (Arenas and Sakagami, 2020).

Los materiales aislantes pueden situarse en el interior de un paramento vertical (cámara), por el exterior o adosado contra la superficie interior. Así mismo, pueden formar parte de diferentes soluciones técnicas con fines acústicos (Arenas and Asdrubali, 2018). Este tipo de materiales se pueden clasificar, entre otros, por su estructura, por su temperatura u origen. Centrándose en este último aspecto, los aislantes acústicos obtenidos a partir de materias primas naturales y renovables (corcho, celulosa, cáñamo, virutas de madera, etc.) son los que, al analizar su ciclo de vida (Asdrubali, 2006), presentan un menor consumo de energía primaria; a lo que hay que sumar un impacto ambiental claramente inferior a los aislantes procedentes de recursos fósiles (como el petróleo) o de tipo mineral (como la fibra de vidrio o la lana de roca).

En relación con el empleo de recursos a partir de biomasa, se han llevado a cabo, por ejemplo, estudios de combinaciones de medidas de tubo de impedancia y cámara de reverberación (Oldham et al., 2011) y con el fin de determinar la caracterización acústica de fibras naturales (como kenaf, madera, cáñamo, coco, corcho, caña, cartón y lana de oveja) se han llevado a cabo mediciones del coeficiente de absorción y la resistencia al flujo para muestras de diferentes espesores (Berardi and Iannace, 2015).

En los últimos años han surgido nuevos productos en formato paneles, obtenidos a partir de nuevas fuentes de fibras vegetales procedentes de recursos biomásicos (hierbas del género *Lolium*, agujas de pino, cortezas de pino); constituyendo materiales aislantes que emplean recursos naturales y renovables, así como, la mínima energía necesaria en su fabricación (Pereiro, 2012). Dichos materiales biobasados se convierten, por tanto, en una alternativa de gran interés a muchos de los materiales que tradicionalmente se están importando para el aislamiento y acondicionamiento cara vista de estancias y locales (Lorenzana and Machimbarrena, 2006). Estos materiales se pueden emplear tanto en aplicaciones de interiores, como dentro de cámaras de aire (Pereiro, 2012). Se trata de materiales con una elevada porosidad que ante los efectos de lluvia dirigida absorberían humedad lo que reduciría su efectividad; por lo que, para su uso en exteriores será aconsejable el empleo conjuntamente con una membrana protectora.

Figura 1. Fotografía de varios paneles elaborados a partir de biomasa (izquierda) y de los paneles de cortezas residuales de aserradero objeto de estudio (derecha).



Fuente: Elaboración propia.

En el presente estudio se caracterizan acústicamente paneles elaborados a base de cortezas residuales de *Pinus Pinaster* Ait. procedente de aserraderos locales y con una geometría de tipo granular, aglomeradas con cementos magnésicos (Figura 1); por tanto, exentos de derivados del petróleo y de sustancias tóxicas o nocivas para la salud como las que conllevan algunas resinas de uso tradicional.

El empleo de cementos magnésicos (Shand et al., 2020) como ligante adquiere cada vez más importancia, entre otros, por la búsqueda de alternativas a los cementos tradicionales y por la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a dicho sector (Lehne and Preston, 2018).

Por otro lado, en lo que al residuo biomásico empleado se refiere, se debe controlar la geometría de la materia prima, ya que condicionará la absorción acústica resultante (Attenborough, 1983).

Actualmente, para mejorar el aislamiento es habitual actuar sobre las frecuencias críticas y de resonancia de una pared doble, diseñando hojas de materiales diferentes o empleando cámaras de aire tras la plancha o panel de revestimiento.

En el presente trabajo, primero se determinan las propiedades acústicas de los materiales biobasados a base de cortezas en dos espesores diferentes; para posteriormente, determinar la variación de la absorción

acústica que se obtiene con distintas cámaras de aire posteriores o con una segunda hoja adicional.

Tradicionalmente, cuando se busca mejorar el confort acústico de una estancia se incorpora una segunda hoja tras los materiales de revestimiento en trasdosados, placas de falso techo,... Dicha hoja habitualmente suele ser de fibras minerales (lana de roca, por ejemplo) dada su elevada absorción acústica en la mayor parte del rango de frecuencias. A la vista de lo anterior, se analizó la potencial mejora de cualidades absorbentes a determinadas frecuencias empleando la combinación del biomaterial con una hoja posterior de lana mineral.

2. METODOLOGÍA

Los paneles de biomasa se pueden definir como materiales biobasados elaborados a partir de fibras vegetales de distintas geometrías y tamaños que se aglomeran con cementos minerales. Así mismo, también son materiales compuestos avanzados de porosidad abierta que presentan altas prestaciones.

La investigación se centra en las propiedades acústicas de los paneles obtenidos a partir de cortezas de *Pinus pinaster* Ait. procedentes de aserradero y de las correspondientes soluciones constructivas en las que se puede utilizar.

Estos biomateriales disponen de una estructura formada por partículas semi rígidas interconectadas y espacios de aire ocluidos en los cuales se puede propagar una pequeña onda de compresión. Cuanto mayor sea la porosidad abierta de los materiales, más se favorecerá la absorción acústica de los mismos. Además de la proporción de poros abiertos, también es necesario considerar el tamaño de los poros a la hora de estudiar la velocidad del sonido y la atenuación para la onda compresional en el medio poroso.

Se ensaya el biomaterial por triplicado obteniendo las muestras necesarias por corte con herramientas habituales en el manejo y corte de madera. La geometría y disposición de las cortezas en el panel; así como su grado de compactación condicionarán la resistencia al flujo de aire y, por consiguiente, la absorción acústica de cada uno de los materiales.

En la Tabla 1 se pueden apreciar las características físicas del biomaterial con distintos espesores sometidos a estudio.

Tabla 1. *Propiedades físicas del biomaterial a base de cortezas de Pinus pinaster Ait.*

Denominación	Espesor (mm)	Densidad (Kg/m ³)
Corteza 10:	10 mm	621
Corteza 20:	20 mm	624

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de las medidas de absorción se expresan como los promedios resultantes de las tres FFT (transformada rápida de Fourier). Las propiedades acústicas se determinaron empleando un tubo de impedancia con dos micrófonos Brüel&Kjær 4206 conforme a norma UNE EN ISO 10534-2 (AENOR, 2002) para el rango de frecuencias de 100 a 1600 Hz. Se determinó la impedancia de cada muestra a incidencia normal con dos

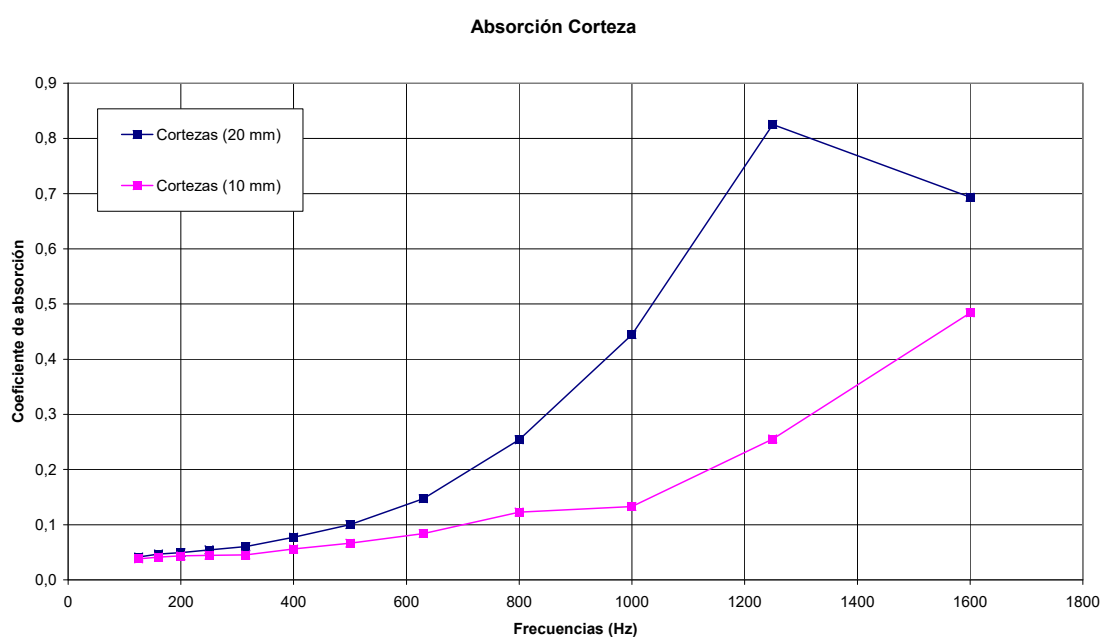
espesores y con distintas cavidades de aire, para conocer la impedancia característica y la constante de propagación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CARACTERÍSTICA ACÚSTICA

El estudio se inicia con la determinación de la absorción acústica del biomaterial elaborado con dos espesores diferentes. En la Figura 2 se representa su coeficiente de absorción frente a la frecuencia en el rango de 100 a 1600 Hz.

Figura 2. Curvas de absorción del biomaterial frente a la frecuencia para distintos espesores.



Fuente: Elaboración propia.

Duplicando el grosor del biomaterial se incrementa considerablemente la absorción acústica, en especial, para frecuencias superiores a 500 Hz.

Conocida la propiedad intrínseca del biomaterial a base de cortezas de *Pinus pinaster* Ait. de aserraderos se procedió a comparar su absorción con la de varios productos comerciales de espesor semejante e incluso con varios productos ecológicos de naturaleza similar. Así, se determinó la absorción acústica de materiales cuyo uso está ampliamente extendido (paneles a base de virutas de madera y lanas minerales) y de materiales ecológicos (Tabla 2) elaborados a partir de fibras vegetales de otros tipos de biomasa (hierbas del género *Lolium* y agujas de *Pinus pinaster*). Para la lana mineral se empleó una lana de roca de 39,53 mm de espesor.

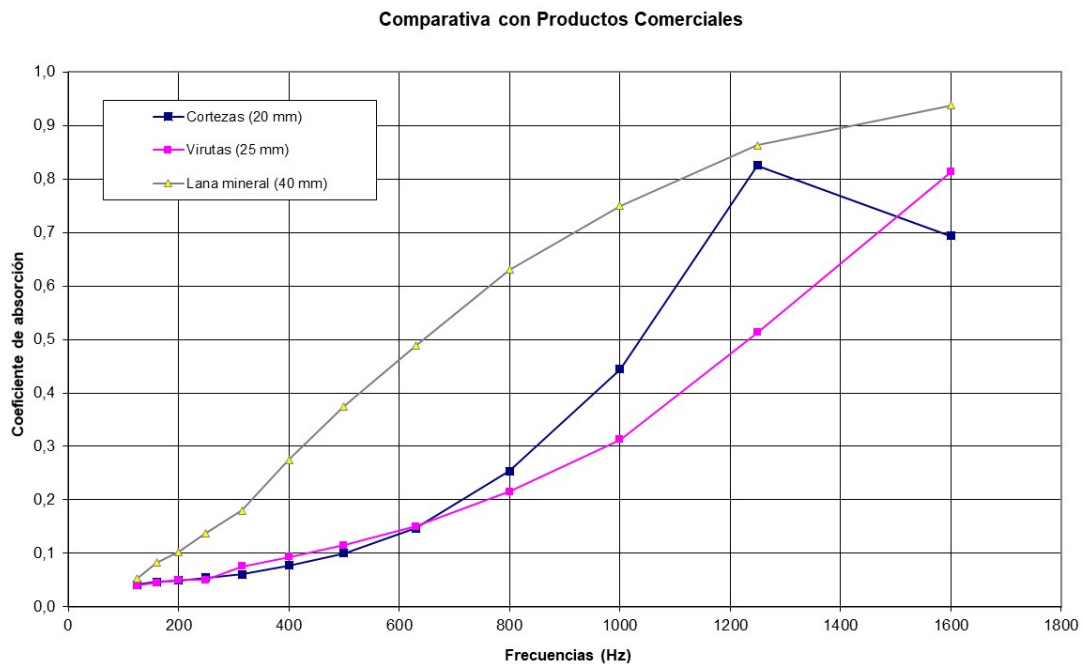
Tabla 2.- *Propiedades físicas de los productos estudiados a nivel comparativo.*

PANELES	Viruta de Madera	Fibras de Hierba	Agujas de pino
Espesor (mm):	25,49	25,67	25,71
ρ (Kg/m ³):	444	463	483

Fuente: Elaboración propia.

Los dos productos comerciales estudiados muestran un excelente comportamiento acústico entre 100 y 1600 Hz en especial la lana mineral (Figura 3) dada su constitución física en forma de manta flexible altamente porosa.

Figura 3. Comparativa de la absorción acústica con productos comerciales.

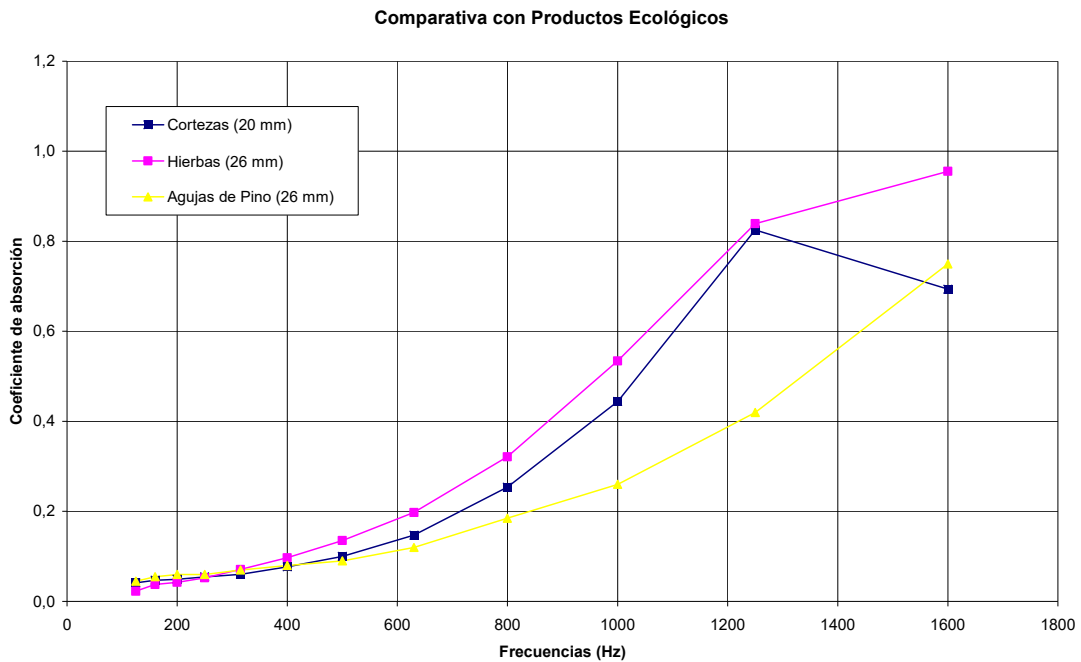


Fuente: Elaboración propia.

Tanto los paneles de cortezas, como las de virutas de madera, se presentan en forma de paneles que a pesar de ser rígidos ofrecen una cierta elasticidad. Comparado ambos, se aprecia un comportamiento similar de 100 a 800 Hz; sin embargo, a frecuencias mayores el biomaterial a base de cortezas ofrece una mayor absorción acústica incluso con un menor espesor, destacando un incremento superior al 30% a 1250 Hz.

Si se compara con otros productos ecológicos como los obtenidos a base de fibras vegetales de morfología alargada como los biomateriales conformados con fibras de hierba (del género *Lolium*) o con agujas coriáceas de pino (género *Pinus*) se obtienen los resultados mostrados en la Figura 4 (Pereiro, 2004; Lorenzana et al., 2004); todos ellos obtenidos bajo las mismas condiciones de ensayo.

Figura 4. Comparativa acústica para diferentes productos biobasados.



Fuente: Elaboración propia.

El biomaterial a base de cortezas de *Pinus pinaster* Ait. (con sólo 20 mm de espesor) ofrece una mejor absorción acústica que el biomaterial que emplea agujas de pino entre 625 Hz y 1250 Hz.

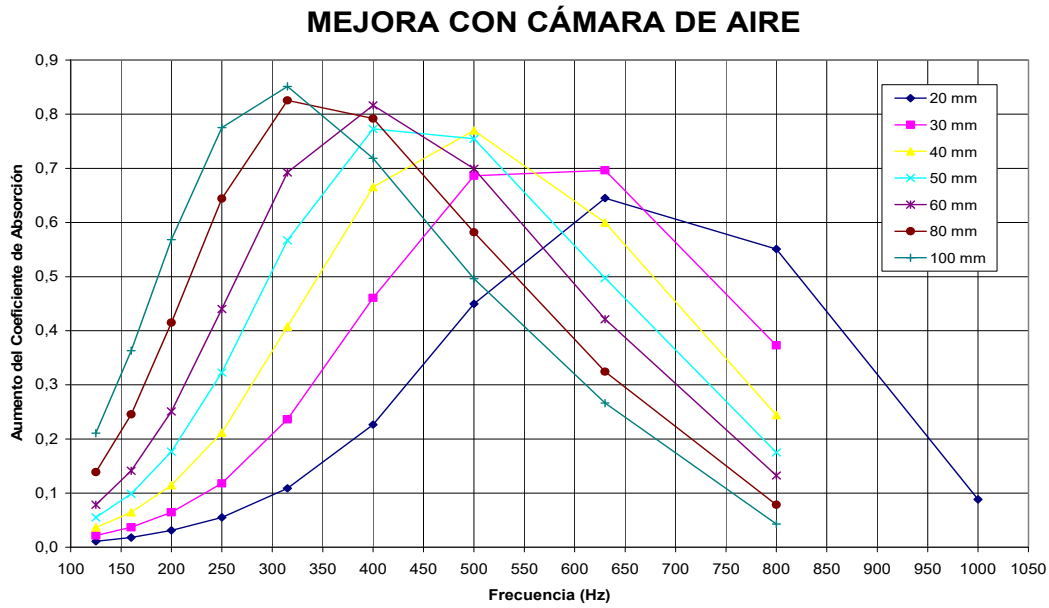
Así mismo, su curva característica es similar a la de los paneles de hierba de mayor espesor (salvo a 1600 Hz).

3.2. MEJORA DE LAS PRESTACIONES ACÚSTICAS

3.2.1. EMPLEO CON CÁMARA DE AIRE POSTERIOR

Introduciendo distintas cámaras de aire tras el biomaterial objeto de estudio se logran importantes contribuciones a la absorción acústica en un amplio rango de frecuencias. Este efecto se acentúa a frecuencias más bajas cuanto mayor es la cavidad posterior. En la Figura 5 se muestran sólo las contribuciones positivas obtenidas como la diferencia del coeficiente de absorción entre la solución técnica propuesta y el biomaterial base.

Figura 5.- Efectividad absorbente empleando una cámara de aire con el biomaterial Corteza 20.

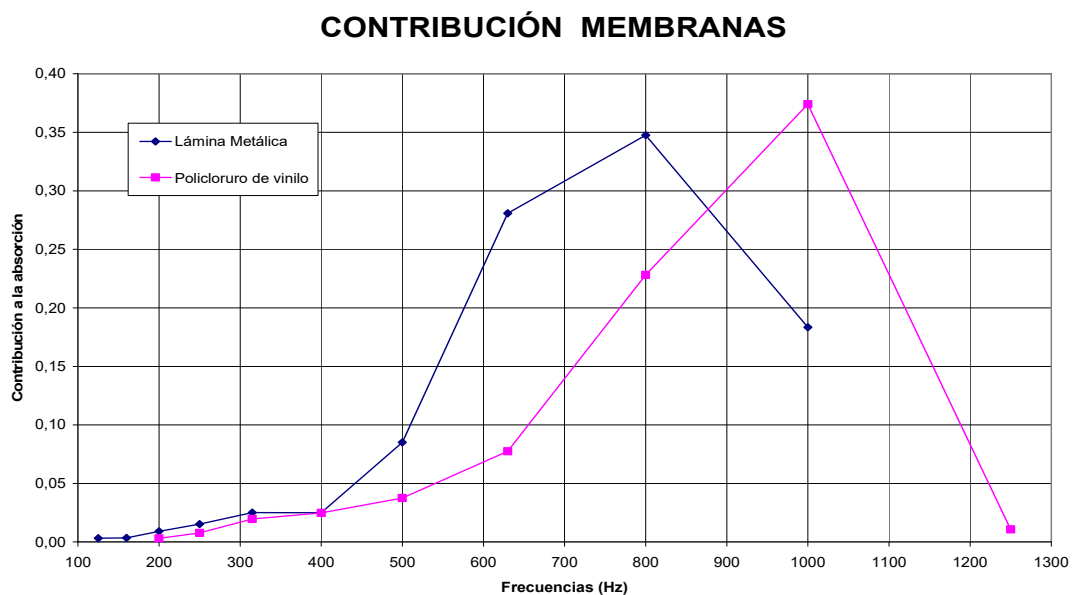


Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. EFECTO DE DISTINTAS MEMBRANAS

Los tratamientos superficiales a base de membranas aportan diferentes beneficios al material absorbente: protección del material, diferente aspecto estético,..., pero también modifican sus propiedades acústicas. Una membrana es una hoja de material no poroso y flexible que se dispone sobre una base soporte. Ésta vibra a una determinada frecuencia a la que se comporta como un resonador produciéndose una transformación del sonido en energía dinámica, pérdidas internas del material por deformación y pérdidas en los puntos de sujeción por rozamiento.

Figura 6. Eficacia efectiva de distintas membranas colocadas sobre la base soporte de la muestra de biomaterial de 20 mm de espesor.



Fuente: Elaboración propia.

Se estudiaron dos tipos de membranas, plástica y metálica. La absorción eficaz con el empleo de membranas se logra a bajas frecuencias como se muestra en la Figura 6 en la que se presentan los resultados obtenidos con lámina de policloruro de vinilo y lámina de aluminio (0,2 mm y 1,0 mm de espesor, respectivamente) sobre el biomaterial a base de cortezas, como base soporte. En dicho gráfico, los coeficientes de absorción acústica se han obtenido como la diferencia entre su valor con membrana y los valores de la base soporte, excluyendo las contribuciones desfavorables.

La contribución de ambos tipos de membranas es claramente favorable sobre todo a frecuencias superiores a 400 Hz. El efecto más significativo se logra a 800 Hz con lámina metálica de aluminio (35%) y a 1000 Hz con policloruro de vinilo (37%).

3.2.3. CARACTERÍSTICA ABSORBENTE PARA SU EMPLEO CARA VISTA EN FALSOS TECHOS O TRASDOSADOS

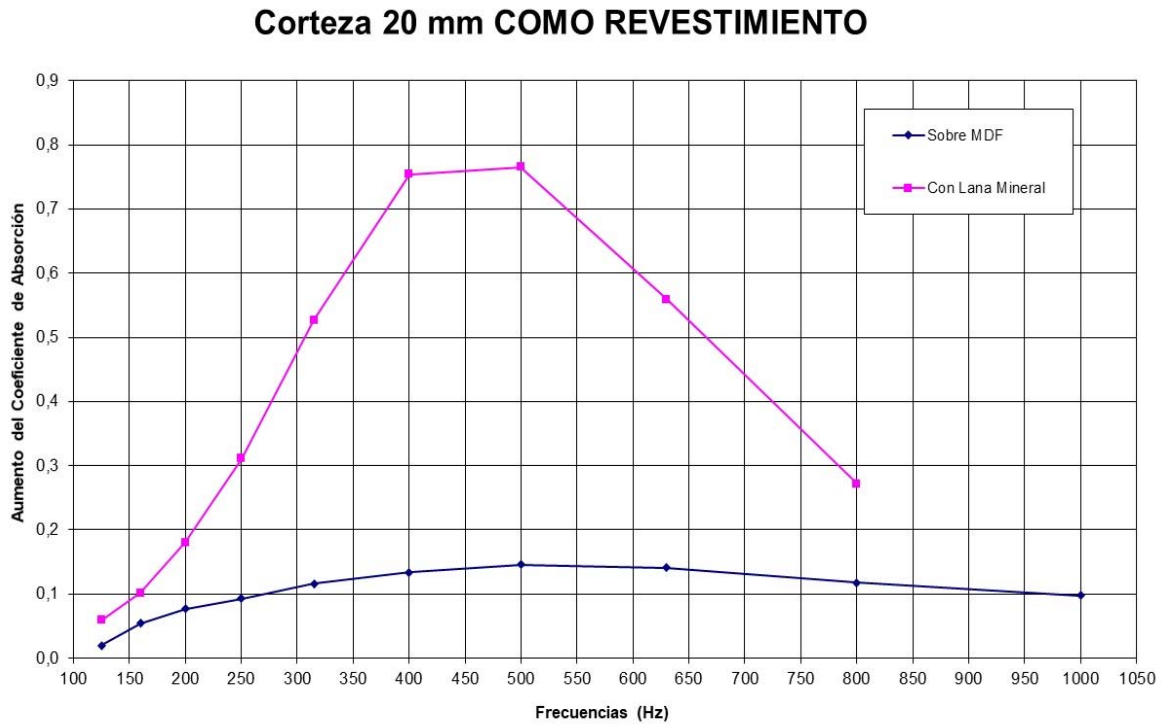
La división de una pared en dos hojas, separadas una determinada distancia, proporciona un aislamiento acústico superior al de una pared simple de masa equivalente. Bajo la acción de las ondas sonoras la pared expuesta se deforma, solicitando periódicamente la masa de aire, que se comporta como un muelle y a su vez excita a la segunda pared.

El aislamiento de una pared doble se ve minorado por dos factores, la frecuencia de resonancia y crítica de cada uno de los paramentos por separado, y la aparición de ondas estacionarias dentro de la cámara (efecto "caja de guitarra").

Introduciendo un material flexible entre las dos hojas, se amplifica el efecto masa-resorte-masa. Dicho material funcionará como un muelle que se opone al movimiento de los paramentos; los cuales se moverán con un mayor coste de energía y dejarán de vibrar libremente, con lo que se logrará disminuir su frecuencia de resonancia. Si el material introducido además de elástico es absorbente se crea en la cavidad una cámara de absorción interna y se eliminan las ondas estacionarias.

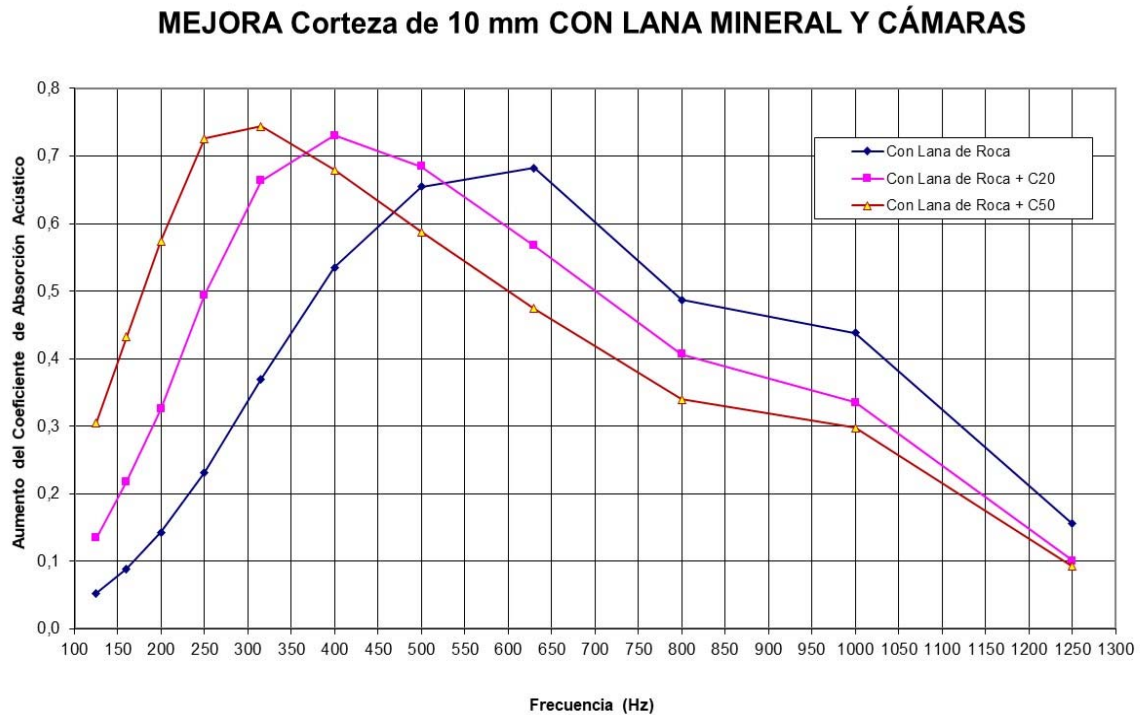
En la Figura 7 se muestra el aumento de la absorción acústica del biomaterial de 20 mm de grosor lograda al introducir una lana de roca (de 40 mm de espesor) entre las dos hojas. Así mismo, se presenta la mejora que supondría el empleo de un *Medium-density fibreboard* (MDF) de 30 mm de grosor tras el mismo material ecológico. En ambos ejemplos se representan sólo las contribuciones positivas.

Figura 7. Curvas de absorción de particiones ligeras con espesores menores de 60 mm y empleando productos comerciales en la cámara.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Mejora de la absorción acústica empleando cara vista el biomaterial a partir de cortezas de Pinus pinaster Ait. de 10 mm con lana de roca y cámara adicional.



Fuente: Elaboración propia.

A la vista de los buenos resultados obtenidos introduciendo lana de roca entre las dos hojas se llevaron a cabo determinaciones similares sobre el material de cortezas de 10 mm de grosor con diferentes disposiciones. Por un lado, se cuantificó el aumento de la absorción acústica con una lana de roca de 40 mm entre hojas y, por otro, la influencia de la separación entre hojas (suplementando con una cavidad de aire de 20 y 50 mm, respectivamente). El aumento del coeficiente de absorción acústico para cada una de las soluciones planteadas se refleja en la gráfica de la Figura 8.

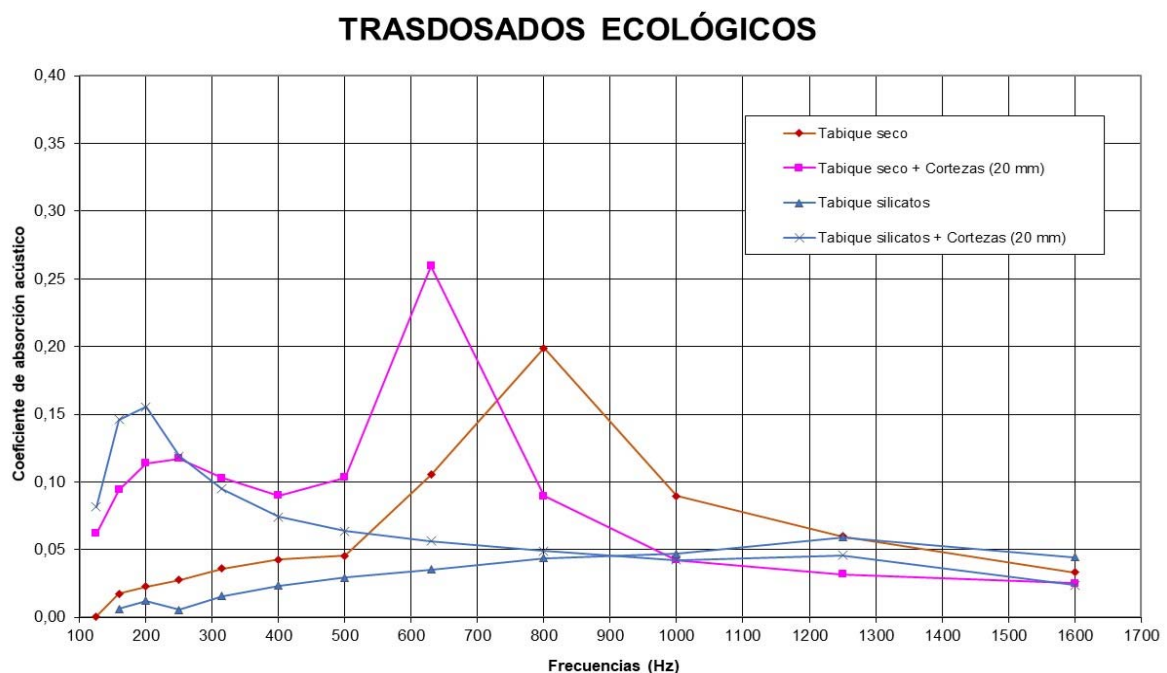
3.2.4. CARACTERÍSTICA ABSORBENTE PARA SU UTILIZACIÓN COMO RELLENO EN TRASDOSADOS Y TABIQUERÍA LIGERA

Diseñando soluciones técnicas constituidas por hojas de materiales diferentes que incluyan una hoja blanda a la flexión (cartón-yeso o silicatos), de tal modo que las hojas tengan frecuencias críticas y de resonancia distintas, se conseguirá mejorar el comportamiento de una pared doble, con un mayor aislamiento.

En este trabajo, se estudiaron dos tipos de tabiquería habituales como son las soluciones de cartón-yeso y las de silicatos (típicas en aplicaciones de alta resistencia al fuego). Además, se llevaron a cabo determinaciones de la propiedad absorbente al colocar planchas de cartón-yeso (tabique seco) y paneles de silicatos (tabique silicatos) de 12 mm de espesor en la parte frontal; dejando tras de sí al biomaterial. Los resultados se muestran en la Figura 9.

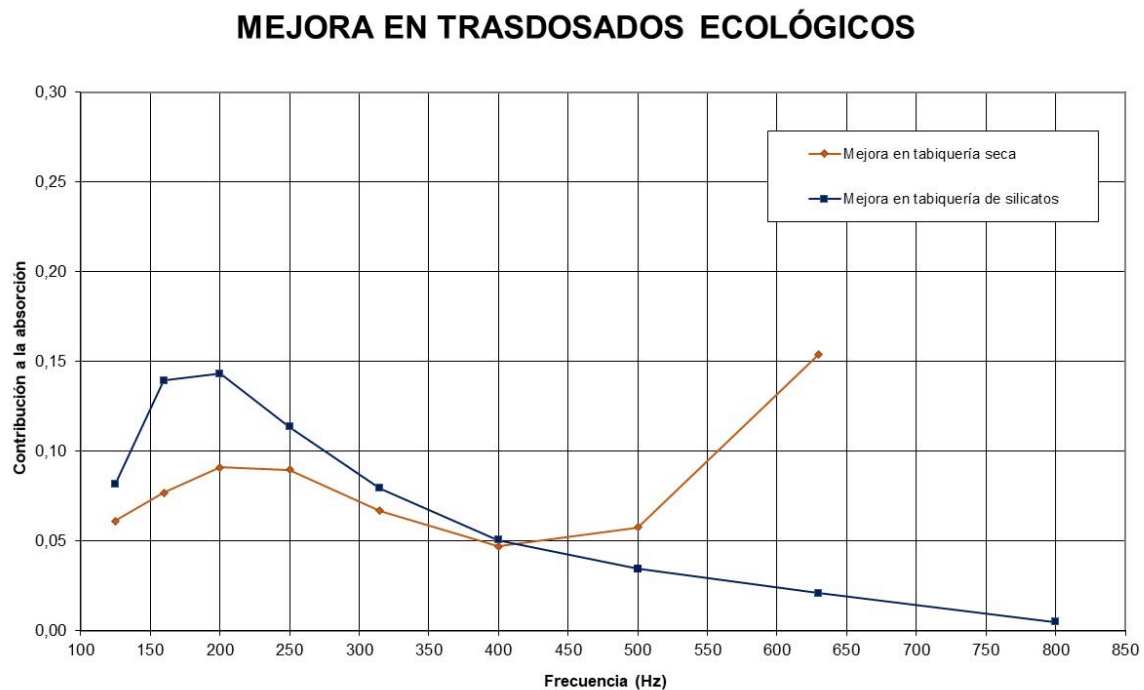
Con la tabiquería seca propuesta se aprecian dos curvas de absorción con formas diferentes, alcanzándose en ambos casos un máximo pronunciado. La mejora de la eficacia absorbente (Figura 10) llega a aproximadamente un 15 % a 200 Hz empleando paneles de silicatos y a 630 Hz empleando planchas de cartón-yeso.

Figura 9. Variación de la absorción acústica con la frecuencia en soluciones de tabiquería seca empleando el biomaterial de relleno.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Ganancia de eficacia absorbente en soluciones de tabiquería empleando el biomaterial de 20 mm de grosor como relleno.



Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

El estudio del empleo de los paneles de biomaterial a base de cortezas de *Pinus pinaster* Ait. en soluciones técnicas novedosas aporta una absorción acústica comparable o mejor que materiales comercializados de estructura semi rígida y similar espesor a base de viruta o astillas de madera.

Empleando cámaras de aire se logran soluciones técnicas eficientes de bajo coste que permiten mejorar las prestaciones acústicas del biomaterial a frecuencias inferiores a 1000 Hz. La efectividad absorbente de la cavidad respecto a la pared rígida, aumenta linealmente con el espesor de la misma.

En el caso de actuaciones frente a problemas acústicos en el rango entre 500 y 1000 Hz otra opción recomendable es el empleo de sistemas multicapa incorporando membranas plásticas o metálicas, lo que permite mejoras acústicas de hasta el 35%.

El empleo de lanas de roca como segunda hoja permite aumentar significativamente la absorción acústica de las soluciones técnicas caravista implementadas con el biomaterial estudiado.

Por otro lado, el empleo del biomaterial a base de cortezas de *Pinus pinaster* Ait. como relleno en soluciones de tabiquería seca permite incrementar la absorción acústica un 15% como máximo.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AENOR (2002). Norma UNE EN ISO 10534-2:2002. Acústica. Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos

- de impedancia, Parte 2: Método de la función de transferencia. Asociación Española de Certificación y Normalización. Madrid, España.
- Arenas, J. P. and Sakagami, K. (2020). Sustainable Acoustic Materials. Sustainability. Vol. 12, pp. 6540. <https://doi.org/10.3390/su12166540>
- Arenas J. P. and Asdrubali F. (2018) Eco-Materials with Noise Reduction Properties. In: Martínez L., Kharissova O., Kharisov B. (eds) Handbook of Ecomaterials. Springer, Cham. Switzerland, pp. 3031–3056. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48281-1_137-1
- Asdrubali, F. (2006). Survey on the acoustical properties of new sustainable materials for noise control, Structured session sustainable materials for noise control. EURONOISE 2006 The 6th European Conference on Noise Control Advanced Solutions for Noise Control, Tampere, Finlandia. <http://www.ciriaf.it/ft/File/Pubblicazioni/pdf/1279.pdf>
- Asdrubali, F., D'Alessandro, F. and Schiavoni, S. (2015). A review of unconventional sustainable building insulation materials. Sustainable Materials and Technologies. Volume 4, pp. 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2015.05.002>
- Attenborough, K. (1983). Acoustical characteristics of rigid fibrous absorbers and granular materials, The Journal of the Acoustical Society of America, Volume 73, Issue 3, pp. 785-799. DOI: 10.1121/1.389045
- Berardi, U. and Iannace, G. (2015). Acoustic characterization of natural fibers for sound absorption applications. Building and Environment, Volume 94, pp. 840–852. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.05.029>
- Lehne, J. and Preston, F. (2018). Making Concrete Change: Innovation in Low-carbon Cement and Concrete. The Royal Institute of International Affairs. Chatham House, England - London. 122 pp. ISBN 978 1 78413 272 9. <https://www.chathamhouse.org/2018/06/making-concrete-change-innovation-low-carbon-cement-and-concrete>
- Lorenzana, T. and Machimbarrena, M. (2006). Acoustical research about ecological materials, Structured session sustainable materials for noise control. EURONOISE 2006 The 6th European Conference on Noise Control Advanced Solutions for Noise Control, Tampere, Finlandia.
- Lorenzana, T.; García, D.; Álvarez, J. A.; Alonso, G. and González, J. (2004). Propiedades acústicas de materiales obtenidos de productos ecológicos, 35º Congreso Nacional de Acústica, TECNIACÚSTICA 2004, Guimarães, Portugal. http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/Guimaraes04_ID16.pdf
- Oldham, D. J.; Egan, C. A. and Cookson, R. D. (2011). Sustainable acoustic absorbers from the biomass. Applied Acoustics, Volume 72, Issue 6, pp. 350-363. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2010.12.009>
- Pacheco-Torgal, F. (2014). Eco-efficient construction and building materials research under the EU Framework Programme Horizon 2020. Construction and Building Materials, Volume 51, pp. 151–162. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.058>
- Pereiro, G. (2004). Obtención de nuevos materiales para construcción. Ph. D. Tesis, Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela, España: Servizo de publicacións e intercambio científico de la USC. ISBN: 978-84-9750-426-7.
- Pereiro, G. (2012). Materiales compuestos de altas prestaciones elaborados con recursos naturales. En: Ambientalia. 2012, vol. 2, nº 2, pp. 85-96. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/20600>
- Shand, M. A.; Al-Tabbaa, A.; Qian, J.; Mo, L. and Jin, F. (2020). Magnesia Cements. From Formulation to Application. Elsevier. ISBN: 978-0-12-391925-0. <https://doi.org/10.1016/C2010-0-68998-X>.