

“Corkwood”, un nuevo material natural, renovable y sostenible.

Una materia prima única para conectar naturaleza y sostenibilidad

“Corkwood”, a new natural, renewable and sustainable material.

MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ MARTÍN

Estudio Became.

Resumen

Está científicamente probado que la exposición al ruido tiene efectos negativos no solo en el confort sino también en la salud de las personas. En este sentido, “España se sitúa entre los países más ruidosos del mundo”. Por ello, es necesario disponer de un buen aislamiento y acondicionamiento acústico para garantizar el bienestar y la salud de las personas. Esta investigación está enfocada a desarrollar un material con propiedades fonoabsorbentes sin precisar complejos sistemas de mecanizado ni renunciar al diseño. Además estas cualidades de aislamiento permiten un ahorro energético en las viviendas lo que le aporta un valor añadido a la estética del lugar.

PALABRAS CLAVE: Ruido, Acústica, Aislamiento, Corcho, Madera.

Artículo original
Original Article

Correspondencia/
Correspondence
Miguel Á. Sánchez Martín
miguel@became.es

Financiación/Fundings
Sin financiación

Received: 31.07.2021
Accepted: 20.12.2021

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO / HOW TO CITE THIS PAPER

Sánchez M. A. (2021). “Corkwood”, un nuevo material natural, renovable y sostenible. Una materia prima única para comunicar naturaleza y sostenibilidad. *Umática. Revista sobre Creación y Análisis de la Imagen*, 4. <https://doi.org/10.24310/Umatica.2021.v3i4.13133>

Umática. 2021; 4. <https://doi.org/10.24310/Umatica.2021.v3i4.13133>

“Corkwood”, a new natural, renewable and sustainable material.

MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ MARTÍN

Estudio Became.

Abstract

It is scientifically proven that exposure to noise has negative effects on comfort and on the people's health. Also, “Spain is one of the noisiest countries in the world.” Therefore, it is necessary to have a good insulation and acoustic conditioning to guarantee the well-being and health of people. This research is focused on developing some material with sound absorbing properties without complex machining systems and with a beautiful design. In addition, these insulation qualities allow energy savings in homes, which adds more good properties at the place.

KEY WORDS: Noise, Acoustics, Insulation, Cork, Wood.

Summary – Sumario

Introducción

Origen y desarrollo

Beneficios del aislamiento acústico

Acondicionamiento acústico

Tratamiento acusticos según actividad

Material y métodos

Introducción

España se sitúa entre los países más ruidosos del mundo. Por ello, es necesario disponer de un buen aislamiento y acondicionamiento acústico para garantizar el confort, el bienestar y la salud de las personas.

El ruido ambiental ya fue considerado como contaminante en el Congreso Mundial del Medio Ambiente celebrado en 1972 en Estocolmo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) "el ruido excesivo perjudica gravemente la salud humana e interfiere con las actividades diarias de las personas en la escuela, el trabajo, el hogar y el tiempo libre. Puede perturbar el sueño, causar efectos cardiovasculares y psicofisiológicos, reducir el rendimiento y provocar respuestas molestas y cambios en el comportamiento social" (Negreira, 2021, p. 68).

El aislamiento y acondicionamiento acústico no han sido aspectos en los que tradicionalmente se haya hecho especial hincapié en la construcción pero la situación está cambiando en los últimos años. La sociedad cada vez es más consciente de la importancia del acondicionamiento acústico, tanto el consumidor final como todos los actores implicados en el proceso constructivo: arquitectos, constructores, promotores inmobiliarios, administraciones, etc están trabajando para mejorar esta situación.

Según corrobora Mara Macarrón (2021, p. 68), responsable de prescripción de Saint-Gobain Isover el 70% de las personas se plantearía aislar acústicamente su vivienda por los problemas de ruido que sufre, entre los que destacan los generados por los propios vecinos (41%), hasta el punto de llegar a escuchar sus conversaciones (32%) o los diálogos de la serie que están viendo.

En los últimos años se ha avanzado mucho en el estudio y aparición de nuevos materiales, pero sobre todo lo que interesa es aumentar la concienciación sobre el problema del ruido y la importancia del acondicionamiento acústico desde el diseño a la ejecución. El ciudadano cada vez es más exigente en este aspecto y requiere una mayor especialización de los profesionales en torno al tratamiento de este problema y a la búsqueda de nuevos materiales.

El aislamiento de un espacio se le proporcionará durante su fase de diseño, basándose en los distintos factores que puedan interactuar en su entorno. El acondicionamiento se realiza cuando es necesario mejorar las condiciones de acústica en un espacio ya creado y donde se ha visto este déficit.

Que un espacio tenga un buen aislamiento y un buen acondicionamiento acústico será una forma de asegurarnos que los usuarios finales de ese espacio se sentirán bien además que, al mismo tiempo estaremos protegiendo su salud.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer un nuevo material "CORKWOOD" creado a partir de una materia prima natural con unas características fonoabsorbentes adecuadas y con un gran potencial estético en los acabados.

En el presente texto voy a exponer la importancia del confort acústico, características de los materiales fonoabsorbentes, materiales actuales en el mercado y por último el proyecto

que estamos realizando desde el Estudio Became junto a nuestros colaboradores¹ del nuevo material "CORKWOOD".

Origen y desarrollo

En los últimos años distintos investigadores como Julia Sanchis (2018, p. 9) intentan dar solución a los problemas relacionados con el aislamiento y el acondicionamiento acústicos. Con este propósito van apareciendo nuevas teorías y modelos que predicen el comportamiento acústico de los materiales, tanto los utilizados tradicionalmente como los que empiezan a abrirse paso en la actualidad, provenientes muchos de ellos del reciclado de industrias como la textil.

Tras varios años de experiencia en el sector del interiorismo y el mobiliario siempre hemos buscado un material que tuviera unas significativas cualidades de absorción acústica pero sin que estas mermasen su potencial estético. Eso nos llevó a experimentar con materiales como compuestos de fibra que ofrecía unos acabados de textil y aportaba calidez, diseño y lo más importante absorción acústica. Así en 2017 diseñamos nuestro primer producto de mobiliario "fonoabsorbente" para ludotecas y colegios infantiles, *Mini Off / Mobiliario para ludotecas* (Fig.01), utilizando un material blando, ligero y que los impactos propios de su utilización no emitan ruido alguno (Véase la reseña del proyecto "Los decibelios en el aula" (Mellado, 2017).

Fig. 01. Mini Off /
Mobiliario para
ludotecas. Became
Estudio (2017).
Galardonado
en los premios
A'Design Award
2017 (ID=56042).



1. Became ha participado en los prototipos y ensayos: MUESCO, SM GLOBAL TRADING ALCALA S.L con domicilio social en Crta. Iznalloz,12, Santa Ana, Alcalá la Real (Jaén). AUDIOTEC, INGENIERÍA ACÚSTICA,S.A con domicilio social en Juanelo Turriano, 4, Parque tecnológico de Boecillo (Valladolid).



Fig. 02. Net /
Iluminación acústica.
Became Estudio (2019).
Galardonado en los
premios A'Design
Award 2019. (ID=64082)

En la misma línea, en 2019 se diseñó *Net / Iluminación acústica* (Fig. 02), una luminaria de uso comercial o industrial, con una particularidad y es que presenta una malla metálica fonoabsorbente y transparente que actúa a la vez de difusor.

Continuando con este propósito, proseguimos las pruebas con materiales muy porosos para crear un revestimiento con un acabado final sin necesidad de alterar su diseño, buscando un material que no necesitara de una mecanización como ranurar o perforar para obtener unas buenas cualidades de absorción.

Las primeras pruebas desarrolladas se realizaron con el material de compuesto de fibra (Lanisor®), este material aporta unas características muy interesantes en absorción de ruido y en propiedades ignífugas. Las pruebas técnicas² no fueron satisfactorias y por ello se decidió continuar en esta línea de investigación pero con otros materiales capaces de satisfacer las expectativas del proyecto. De esta forma y tras múltiples testeos llegamos hasta el corcho. Una materia prima obtenida directamente de la naturaleza, reciclable y con unas propiedades fonoabsorbentes adecuadas para los requerimientos que estábamos planteando.

Cada material tiene unas características absorbentes diferentes, por ello es importante poder analizar y parametrizar cada muestra para poder elegir el material adecuado en función de las características acústicas del recinto y de los tiempos de reverberación que se quieran obtener. Estas características de absorción dependen no sólo de sus propiedades físicas, sino también, de la forma de colocación y de otros condicionantes. Es por ello que, para realizar cualquier diseño acústico, resulta imprescindible disponer de información de los coeficientes de absorción acústica (α), obtenidos mediante ensayos de laboratorio, según procedimiento homologado (Rial, 2013, p.83).

2. Pruebas realizadas en Febrero 2020 en el laboratorio de INGENIERIA ACÚSTICA AUDIOTEC (Valladolid).
Umática. 2021; 4. <https://doi.org/10.24310/Umatica.2021.v3i4.13133>

Denominaremos, por tanto, materiales absorbentes acústicos a todos aquellos materiales o sistemas que disponen de elevados coeficientes de absorción sonora (o acústica), en todo o en parte del espectro de frecuencias audibles. Entre estos se diferencian los materiales porosos o fibrosos y los resonadores, en función de su forma de actuación frente a la energía sonora que incide sobre ellos, aunque dentro de cada uno existen diferenciaciones en cuanto a su constitución, presentación comercial o forma de colocación. Los materiales porosos están constituidos por múltiples surcos o poros que se entrecruzan entre sí mientras que los fibrosos están formados por gran cantidad de fibras entrecruzadas y comprimidas. Ambos tipos funcionan de manera similar: la energía acústica incidente se transforma en energía calorífica debido al rozamiento interno del aire que pasa a través de los poros o fibras. La absorción de este tipo de material es muy elevada a altas frecuencias y limitada a bajas (Rial, 2013, p. 84).

El material elegido para un revestimiento o falso techo absorbente va a depender de criterios acústicos, estéticos y también del coste de mantenimiento de estos elementos respecto al desgaste y suciedad, que puede influir, tanto en el deterioro de la imagen visual, como en las condiciones de salubridad o de resistencia al fuego. Con el paso de los años, estas zonas requieren de una actuación sobre su superficie exterior pero estos tratamientos no deben modificar las propiedades originales del material, es decir, no debe de alterar sus propiedades acústicas o ignífugas.

Por todo esto es interesante conocer, además de los coeficientes de absorción acústica del producto colocado, información adicional sobre su reacción al fuego, emisión de formaldehído, resistencia a la flexión, resistencia al desgaste o a golpes, aislamiento térmico, limpieza y mantenimiento.

Beneficios del aislamiento acústico

Alejarse del ruido puede en ocasiones ser imposible, se requiere en estos casos un estudio previo del lugar para determinar cuáles son los factores que interfieren y la mejor forma de aislar el recinto. Las soluciones acústicas pueden lograr un ambiente armonioso en el cual desarrollar cualquier actividad, personal o laboral sin las interferencias de ruidos molestos.

Desde el Grupo Soprema®, líder en acondicionamiento acústico nos indican cuales son los beneficios del aislamiento acústico:

- **No entran sonidos, no salen sonidos:** Poder realizar actividades sin molestar a los vecinos y que las suyas no interfieran en la vida diaria de los demás es de un valor incalculable. Escuchar música, tocar un instrumento musical, o descansar ya no será un inconveniente.
- **Revalorización del inmueble:** Instalar un sistema de aislamiento en la vivienda le dará un valor mucho más alto del que cotiza en el mercado. La revalorización de la propiedad es un gran beneficio que se obtiene al instalar un sistema de aislamiento acústico en el hogar.

- **Aislantes térmicos y acústicos, doble beneficio:** Muchos de los materiales empleados son también aislantes térmicos, por lo que se produce un doble beneficio con la instalación de un sistema de aislamiento.
- **Fortalecimiento de la salud:** El descanso que proporciona un ambiente silencioso, propicia un sueño reparador, reduce el estrés y fortalece el sistema inmunitario. Los problemas y enfermedades cerebrovasculares ya no serán un riesgo. Aumenta la capacidad de concentración, de respuesta y la creatividad.
- **Favorece las relaciones y la comunicación:** El aumento de momentos para compartir, de comunicarse o pasar momentos de relax, fomenta unas sanas relaciones familiares y laborales.

Acondicionamiento acústico

En este caso el material que esta siendo desarrollado va dirigido para acondicionamiento acústico, en este punto veremos la diferencia entre aislar y acondicionar. Para diferenciar estos conceptos se debe valorar si se necesita contener el ruido o absorberlo.

Si lo que se necesita es contener el ruido; ya sea para evitar que salga de un recinto, como para evitar que entre desde el recinto vecino (o la calle), entonces se habla de aislamiento acústico.

Si por el contrario, lo que se necesita es absorberlo, porque 'hay demasiado' en el interior del recinto (o se quiere controlar), entonces se habla de acondicionamiento acústico.

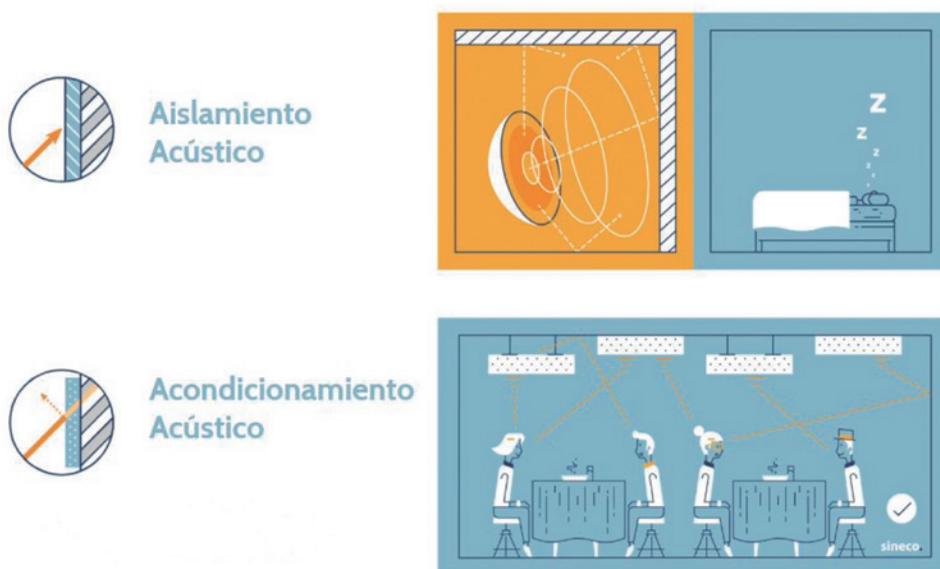
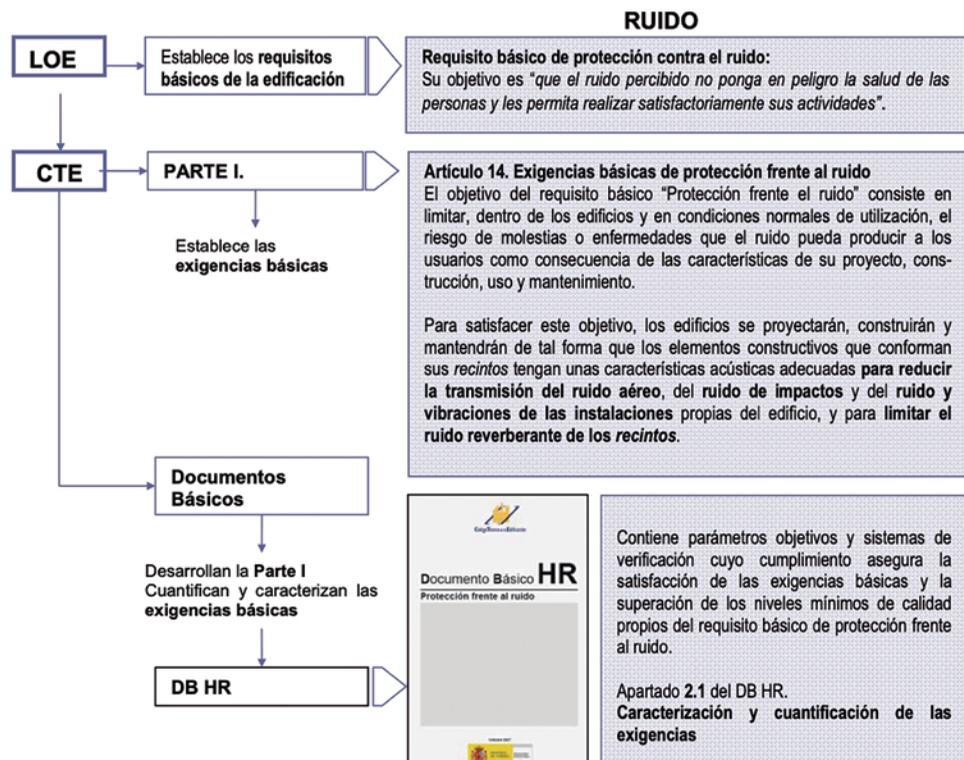


Fig. 03. Infografía Aislamiento vs acondicionamiento acústico. Sineco Acústica (2021)

Fig. 04. Esquema marco legislativo. Guía de aplicación del DB HR. (2016)



Es necesario tomar en consideración las siguientes definiciones:

- **Aislamiento acústico:** Conjunto de técnicas, sistemas y tratamientos encaminados a reducir y/o evitar la transmisión de las ondas sonoras (y las vibraciones), por vía aérea o vía estructural, entre un recinto emisor y un recinto receptor. En términos de magnitud física, el aislamiento acústico será la porción de energía que la onda sonora se atenúa al transmitirse desde un recinto emisor a un receptor.
- **Acondicionamiento acústico:** Se trata de las técnicas, sistemas y tratamientos dirigidos al control y mejora de las condiciones de propagación de las ondas sonoras en el interior de un recinto, con el fin de obtener un ambiente acústico apropiado a la actividad que se desarrolla en él; en definitiva, las actuaciones que permiten mejorar la calidad acústica en el interior del recinto. (Sineco, 2021).

Hoy en día existe una normativa que regula cada aspecto de la construcción para asegurar unos estándares mínimos de calidad, de manera que el usuario cuando disfrute de alguna edificación lo haga en unas condiciones óptimas. Esto mismo pasa con el acondicionamiento acústico, aunque desde no hace mucho, pues, aunque sí existían exigencias en cuanto al aislamiento, la primera normativa que reguló el acondicionamiento fue el Documento Básico HR. Protección frente al ruido [N1] de septiembre de 2009 (Fig. 04). Este DB se deriva de la LOE [N7] (Fig. 05), donde se establecen las exigencias básicas que deben cumplir los edificios para satisfacer los requisitos básicos (Documento básico HR, 2016).



Fig. 05. Criterios de aplicación del DB HR. Guía de aplicación del DB HR. (2016)

La normativa recoge como recinto el espacio del edificio limitado por cerramientos, particiones o cualquier otro elemento de separación. Y se clasifica como:

- **Recinto habitable:** Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran recintos habitables los siguientes:
 - a) estancias (dormitorios, comedores, salones, etc.) en edificios residenciales;
 - b) aulas, salas de conferencias, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente;
 - c) quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario u hospitalario;
 - d) oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo;
 - e) cocinas, baños, aseos, pasillos, distribuidores y escaleras, en edificios de cualquier uso;
- **Recinto ruidoso:** Recinto, de uso generalmente industrial, cuyas actividades producen un nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, en el interior del recinto, mayor que 80 dBA.

Exigencia del acondicionamiento acústico.

Los requerimientos del Documento Básico de protección frente al Ruido (DB HR) se centran en los tres aspectos: aislamiento acústico, acondicionamiento acústico y ruido y vibración de las instalaciones (Fig. 05) Documento básico HR, 2016).

El material estudiado; "CORKWOOD" está indicado para esta exigencia del acondicionamiento acústico, si lo que necesitamos es reducir el ruido en este tipo de lugares, podemos utilizarlo como material de revestimiento pegado o trasdosado en paredes y techos para mejorar la calidad acústica.

Tratamiento acústicos según actividad

La cantidad de materiales utilizados en el ámbito de la construcción es muy amplia: hormigón, materiales cerámicos, madera, vidrio, mármol, cartón yeso, lanas de roca, fibras de vidrio, etc. Todos los materiales de construcción tienen un determinado comportamiento ante el impacto de las ondas sonoras, por lo que si se quiere un material con determinadas pro-

propiedades acústicas se debe estudiar el comportamiento de éstos en el momento del contacto con la onda sonora y clasificarlos.

Se sabe que cuando una onda sonora llega a un paramento, una parte de la energía es reflejada y otra parte es absorbida. Una de las clasificaciones más comunes de los materiales utilizados en acondicionamiento acústico puede hacerse en función del efecto que producen las ondas sonoras en ellos:

- Absorbentes: que incluyen materiales absorbentes, público, mobiliario y el aire.
- Reflectantes: elementos reflectores usados para la generación de reflexiones útiles.
- Difusores: sistemas difusores utilizados para distribuir, de forma homogénea y en múltiples direcciones, la energía sonora incidente.

Las aplicaciones para acondicionamiento acústico pueden ser en paredes, techos, suelo y particiones en los espacios.

En la actualidad hay una amplia gama de materiales absorbentes porosos, fibrosos y textiles para este tipo de aplicaciones como son:

1. Placas de virutas de madera aglomerada (Maydisa): Celenit es un aislante termo-acústico natural, fabricado a base de fibras de madera de abeto largas y resistentes (65%), unidas a presión con aglomerado de cemento Portland (35%), formando una estructura alveolar ligera, resistente, compacta y de ilimitada durabilidad. El panel Celenit adquiere aislamiento térmico y acústico, regulando el rumor (fonoabsorbente) y reduciendo la transmisión del ruido (fono-aislante). Su aplicación principal es en techo desmontable y paredes interiores.

2. Paneles semirrígidos de lanas minerales (URSA, Isover, Rockwool). Estos tienen gran variedad de usos, desde su aplicación como aislante térmico de cerramientos y cubiertas, hasta la realización de conductos en sistemas de climatización y ventilación. En cuanto a la acústica, se utilizan tanto en acondicionamiento (como absorbentes vistos o formando parte de sistemas resonadores), como en aislamiento (ocultos en cámaras de trasdosados, tabiquería seca y plenum de techos acústicos). También, en alta densidad, se usan como base elástica continua de suelos flotantes.

3. Paneles blandos a la flexión espuma de poliéster, resina de melanina, resina de poliuretano (Metrasoni, EZ Acoustic, Acústica Integral). Estos paneles absorben sobre todo altas frecuencias y se comercializan en distintos grosores, con cara vista plana o irregular. Estas pueden tener forma prismática, repetidas de manera homogénea o aleatoria (normalmente, triángulos, crestas, ondas o cuadrados), cuya aplicación tradicional ha sido en recintos de acústica exigente (estudios de grabación, locales de ensayo, conservatorios)

4. Elementos textiles singulares absorbentes. (Texaa, Morpa, Acustibaf, Offectt). Son elementos suspendidos muy ligeros por estas realizados normalmente en espuma de poliéster o textil. Pueden ser planos, ondulados, en forma de bafle y suspendidos en horizontal o vertical. Es posible que en el techo no tenga superficie suficiente para la instalación del



acondicionamiento acústico necesario o bien se descarte actuar sobre él y sea necesario actuar en las paredes, este tipo de material permite su instalación con sistema trasdosado o pegados directamente a la pared.

5. Sistemas perforados y enlistonados. Los materiales más empleados para la realización de estos sistemas son escayola, yeso laminado, madera, paneles metálicos, de PVC, y en menor medida materiales cerámicos y de hormigón. Está claro que no solo deben de cumplir su función acústica, sino que también deben tener una buena presentación estética, sobre todo en el caso que nos ocupa de bares y restaurantes, por haber una exigencia alta en la decoración.

6. Objetos y biombos absorbentes. Los plafones u objetos decorativos absorbentes colocados de manera individual o agrupada son una opción que es muy recurrente porque es una manera de aumentar la absorción sin tener que modificar ningún elemento. Su funcionamiento es a modo de baffles independientes, consiguiendo una gran superficie de absorción al estar generalmente aislados. Aunque su coste puede resultar elevado, pues su uso no está normalizado, sus propiedades estéticas los integran en cualquier ambiente.

"CORKWOOD" se puede comparar y se podría transformar y aplicar como muchos de estos materiales, pero si nos centramos en los sistemas de techos y trasdosados, los sistemas que existen en el mercado actual tienen acabados con madera y presentan un mecanizado en modo de agujeros o ranuras que permiten una mayor absorción del material y deben ser combinados con lana de roca o similar para obtener unos buenos resultados.

El desarrollo se centra en conseguir una absorción acústica igual que los materiales perforados sin necesidad de ningún mecanizado y conservar su potencial estético. Además con la particularidad de sus formatos; el sistema para trasdosado o techos en formato de plancha 950 mm x 590 mm (Fig. 06), y como innovación en bobina de 3000 mm x 1000 mm "CORKWOOD FLEX", (Fig. 07 y 08), para aplicaciones en paredes directamente pegado.

Fig. 06. Muestra prototipo Corkwood en plancha 20 mm. Became Estudio. (2021).

Fig. 07. Muestra prototipo Corkwood flex en bobina 10. Became Estudio. (2021).

Fig. 08. Muestra prototipo Corkwood flex en plancha 10 mm. Became Estudio. (2021).

Fig. 09. Muestra
Index Color Blocked.
Amorim Cork
Composite. (2020).



Material y métodos

Tras experimentar en varios proyectos con el corcho en formato de plancha y en lamina del fabricante (Amorim Cork®), visitamos sus instalaciones donde nos dio una visión del potencial del corcho y distintos campos, como sus proyectos I+D y estudios de casos que han colaborado y actualmente están en el mercado.

Especialmente hacer referencia al caso de estudio de los diseñadores de Submaterial, un proyecto que junto el panel de corcho y el fieltro (filzfelt®) de lana consiguen un revestimiento de paredes para aumentar la insonorización.

Concretamente la materia prima que se ha utilizado para crear este material se basa en el aglomerado de corcho producido a partir de residuos derivados de la fabricación de corchos de vino o corcho reciclado mezclado con resina.

La combinación del respaldo de corcho con fieltro (filzfelt®) de lana crea un sistema de revestimiento de paredes duradero y acústicamente absorbente. Aunque hay diferentes variaciones, en función de los modelos, los revestimientos registran coeficientes de reducción de ruido (NRC) de hasta 0,20. (Amorim Cork, 2021).

Tras la indagación de materiales acústicos para el sector de decoración e interiorismo, en la actualidad la base o respaldo que se utiliza para los productos acústicos son; aglomerados, fibras como FDM y en algunos casos fibras de lana o espumas de poliuretano.

A partir de aquí contactamos con el departamento de I+D de Amorim Cork Composites y le expusimos nuestra propuesta y nos abrieron la posibilidad de colaborar con nosotros en el momento que lo necesitaríamos para el desarrollo de nuestro material. Actualmente las pruebas y primeros prototipos han sido realizadas en un taller de carpintería.

Desarrollo

“Corkwood” es un material compuesto por dos materias primas naturales y ecológicas la madera y corcho. Se utiliza en paneles de revestimiento de paredes y techos para aumentar la insonorización.



Para el desarrollo de Corkwood tomamos el corcho como el corazón del revestimiento de la pared y la chapa de madera como la parte estética aportando color, textura y un fuerte efecto visual.

El corcho

El corcho es 100% natural y tiene propiedades únicas e incomparables: es ligero, impermeable a líquidos y gases, elástico y compresible, ofrece aislamiento térmico y acústico, tiene una combustión lenta y es muy resistente a la fricción. También es completamente renovable y reciclable, lo que significa que desde una perspectiva ambiental, social o económica es uno de los materiales más versátiles del mundo. (Amorin Cork, 2021).

Las características clave del corcho son:

Excelente aislamiento acústico: El corcho tiene baja conductividad al ruido y la vibración. Esto se debe a que los componentes gaseosos contenidos en el corcho están encerrados en pequeños compartimentos impermeables, aislados entre sí por una sustancia resistente a la humedad.

– *Excelente aislamiento térmico:* El aire dentro de las células lo convierte en un excelente aislante, lo que conduce a una conductividad térmica muy baja, en un amplio rango de temperaturas.

– *Excelente resistencia al fuego y altas temperaturas:* El corcho también es un retardante natural al fuego: se quema sin llama y no emite gases tóxicos durante la combustión.

– *Excelente elasticidad y compresibilidad:* Es el único sólido que, cuando se comprime por un lado, no aumenta de volumen por otro; y como resultado de su elasticidad es capaz de adaptarse, por ejemplo, a las variaciones de temperatura y presión sin sufrir alteraciones.

– *Extremadamente ligero y flotante:* Más del 50% de su volumen es aire, lo que lo hace muy ligero: pesa solo 0,16 gramos por centímetro cúbico y puede flotar.

– *Hipo-alérgico:* Debido a que el corcho no absorbe el polvo, ayuda a proteger contra las alergias y no representa un riesgo para las personas que sufren de asma.

Fig.10. Nucleo del corcho. Amorin Cork. (2021).

Fig.11. Corcho aglomerado 20 mm. Amorin Cork. (2021).

Fig.12. Corcho en bobina 10 mm. Amorin Cork. (2021).

– *Impermeable a líquidos y gases*: Gracias a la suberina y los ceroides contenidos en las paredes celulares, el corcho es prácticamente impermeable a líquidos y gases. Su resistencia a la humedad le permite envejecer sin deteriorarse.

– *Alta resistencia a la fricción y buena resiliencia*: El corcho es extremadamente resistente a la abrasión y tiene un alto coeficiente de fricción. Gracias a su estructura de panal, su resistencia al impacto o a la fricción es mayor que la de otras superficies duras.

– *Sensación cómoda y cálida*: La textura natural del corcho combina suavidad y flexibilidad al tacto con una superficie naturalmente desigual. El grado variable de irregularidad viene dado por el tipo de corcho utilizado y el acabado elegido.

Conclusiones:

El corcho cumple todas las características y tienen las propiedades que necesitamos para "Corkwood" como:

- a) Acústica: nos aporta la reducción y vibración del ruido.
- b) Térmico: con el revestimiento en paredes y techos aportamos mayor confort térmico.
- c) Resistencia al fuego: un factor importante para nuestro producto es que cumpla las exigencias del CTE/DB-SI.
- d) Flexible: como innovación Corkwood se fabricará en bobina para su aplicación similar a un papel pintado.

La madera

La madera es un tejido exclusivo de los vegetales leñosos, que como tales tienen diferenciados y especializados sus tejidos. Estos están formados por células que se pueden asemejar a tubos huecos, en el que la pared del tubo se correspondería con la pared celular y el interior hueco con el lumen de la célula. (Aitim, 2011).

De forma simple y general se puede decir que la madera está formada principalmente por la unión de estas células; su tamaño, forma y distribución junto con otros elementos anatómicos, como los radios leñosos, la presencia de canales resiníferos o de vasos, etc. son los que dan lugar o definen las diferentes especies de madera. Esta estructura tubular es la que confiere las propiedades que tiene la madera, que depende en gran medida de las propiedades de la pared celular.

La madera se caracteriza por ser un material:

- Anisótropo, sus propiedades varían según la dirección que se considere;
- higroscópico, el agua, tanto en forma líquida como en forma de vapor, influye en su comportamiento;
- con buenas propiedades mecánicas, sobre todo si se las compara con su peso;
- puede mecanizarse y procesarse (fabricación y obtención de diferentes elementos);
- puede protegerse frente a la acción de diferentes agentes degradadores;
- y sobre todo por sus características estéticas que le confieren una especial belleza .

Sus características y propiedades se dividen en los siguientes bloques:

- Denominaciones e identificación.
- Estructura macroscópica y terminología.
- Anisotropía e Higroscopicidad.
- Propiedades físicas.
- Propiedades mecánicas.
- Propiedades tecnológicas.
- Aplicaciones de la madera - Grupos tecnológicos.

Las maderas se denominan o identifican como coníferas y frondosas. La identificación de la madera se realiza a través del estudio de su estructura microscópica (visible hasta unos 2.000 aumentos), aunque en algunos casos especiales es suficiente la comprobación de su estructura macroscópica (a simple vista o con lupa de 10 aumentos). Su correcta identificación sólo se puede realizar en organismos especializados. Para comprobar que una pieza de madera se corresponde con una determinada especie es necesario realizar preparaciones microscópicas y compararlas con las muestras patrón.

Las coníferas tienen una estructura uniforme, aproximadamente un 90 - 95% está formada por células esbeltas orientadas en el sentido longitudinal, denominadas traqueidas (fibras), cuyos bordes tienen forma de bisel y están tapadas. Las traqueidas son las que comunican las propiedades resistentes para el sostén del árbol y al mismo tiempo conducen la savia (su transporte se realiza a través de unos orificios, denominados puenteaduras, que comunican las traqueidas entre sí).

Las frondosas tienen una estructura más compleja, en la dirección longitudinal existen células estrechas y alargadas que desarrollan la función de sostén, denominadas fibras; y células más anchas y espaciadas entre sí, con forma de tambor o barril, denominadas vasos, que son las encargadas de transportar la savia y que están conectadas entre sí a través de aperturas longitudinales. En la dirección horizontal aparecen otro tipo de células, denominadas radios leñosos, en mayor cantidad que en las coníferas, cuya principal función es la de almacenar productos de reserva.

La madera, como se ha comentado, está formada por diferentes tejidos que realizan diferentes funciones y que originan que su estructura no sea homogénea. Esta heterogeneidad se refleja en sus propiedades físicas y mecánicas, y es la causa de algunos de sus defectos y también de sus ventajas. Dicha heterogeneidad da lugar a lo que se conoce con el nombre de anisotropía, que es el diferente comportamiento de sus propiedades físicas y mecánicas según la dirección que se considere. Se establecen tres planos o direcciones principales: Longitudinal, Radial, Tangencial.

Para determinar la madera que más se adapta a nuestro proyecto hemos investigado las distintas características y estudios sobre las propiedades físicas de la madera, concretamente acústicas y mecánicas. (Aitim, 2011).

Las propiedades físicas de la madera son aquellas que determinan su comportamiento frente a los distintos factores que intervienen en el medio natural, sin producir ninguna modificación mecánica o química. Estas propiedades engloban a las que determinan su comportamiento:

- A la iluminación (color, brillo y textura).
- La posibilidad de emitir partículas gaseosas (olor).
- Con el agua (contenido de humedad, sorción, hinchazón, merma).
- A la gravedad (peso específico, densidad, porosidad).
- Al calor (conductividad térmica, gradiente de temperatura, dilatación térmica).
- A las vibraciones acústicas (conductividad y transmisión del sonido, resonancia) .
- A la acción de la corriente eléctrica (conductividad y resistencia eléctrica, etc.).
- A la penetración de la energía radiante (radiaciones ultravioleta, infrarrojos, rayos X, etc).
- A la penetración de los gases y fluidos (permeabilidad).

De todas ellas nos centramos en las más importantes y principales para Corkwood.

Propiedades térmicas

Los coeficientes de dilatación de la madera son muy bajos (del orden de $3 \text{ a } 6 \cdot 10^{-6}$ en la dirección paralela y de $30 \text{ a } 70 \cdot 10^{-6}$ en la perpendicular), por lo que se puede decir que apenas se dilata.

Así mismo la madera es un mal conductor del calor debido a la escasez de electrones libres, por ejemplo el coeficiente de conductividad calorífica de la coníferas (pino y abetos) en la dirección perpendicular varía aproximadamente de $0,09 \text{ a } 0,12 \text{ kcal / mhoC}$.

El calor específico de la madera es bajo, varía de $0,4 \text{ a } 0,7 \text{ Kcal/kg°C}$, lo que significa que no necesitamos mucho calor para llegar a los 1500C , temperatura a la que empiezan a desprenderse gases combustibles y por tanto a aparecer las llamas. Una vez que la madera entra en combustión hay que tener en cuenta la formación de carbón en las capas externas, que retrasa la difusión del calor hacia su interior constituyendo una barrera térmica que actúa como aislante. La zona interior de la pieza no sufre apenas ninguna modificación y conserva intactas sus propiedades mecánicas, el acero o el hormigón se comportan de forma totalmente diferente. La velocidad de carbonización aproximada de la madera es de $0,7 \text{ mm/mn}$.

A pesar de que es un material inflamable a temperaturas relativamente bajas, en relación con las que se producen en un incendio, es menos peligroso de lo que la gente se piensa por las siguientes razones:

- Su baja conductividad térmica hace que la temperatura disminuya hacia el interior.
- La carbonización superficial que se produce impide por una parte la salida de gases y por otra la penetración del calor.
- Al ser despreciable su dilatación térmica no actúa sobre las estructuras y no las deforma.

Propiedades acústicas

Las propiedades acústicas de la madera permiten, además de la fabricación de elementos materiales, su utilización en la construcción si se conoce su comportamiento y sobre todo como diseñar e instalar los elementos de madera.

Absorción de sonido: Los materiales absorbentes de sonido pueden ser de dos tipos: porosos y paneles resonantes. Los paneles de madera maciza o los tableros derivados a la madera adheridos a superficies rígidas son pobres absorbentes del sonido (absorben entre el 5 - 10% y reflejan más del 90%); dejando la superficie de la madera en forma rugosa se aumenta muy ligeramente la absorción. Por el contrario las placas acústicas porosas fabricadas con fibras de madera pueden absorber más del 90% del sonido y reflejar el resto. Los paneles de tableros contrachapados pueden utilizarse como paneles resonantes, diseñados para absorber sonidos de baja frecuencia, que se colocan separados de la superficie rígida unos centímetros.

Propiedades mecánicas

Debido a la anisotropía de su estructura, a la hora de definir sus propiedades mecánicas se consideran la dirección perpendicular y la dirección paralela a la fibra. En este hecho radica la principal diferencia de comportamiento frente a otros materiales utilizados estructuralmente, como el acero y el hormigón. Las resistencias y módulos de elasticidad en la dirección paralela a la fibra son mucho más elevados que en la dirección perpendicular.

Del análisis sobre las propiedades de la madera destacamos las siguientes características:

a) Muy elevada resistencia a la flexión, sobre todo si se asocia a su peso (la relación resistencia / peso es 1,3 veces superior a la del acero y 10 veces la del hormigón).

b) Buena capacidad de resistencia a la tracción y a la compresión paralelas a la fibra.

c) Escasa resistencia al cortante. Esta limitación se presenta también en el hormigón pero no en el acero.

d) Muy escasas resistencias a la compresión y a la tracción perpendicular a la fibra. Sobre todo en tracción, lo que supone una característica muy particular frente a los otros materiales.

e) Bajo módulo de elasticidad, mitad que el del hormigón y veinte veces menor que el del acero. Los valores alcanzados por el módulo de elasticidad inciden sustancialmente sobre la deformación de los elementos resistentes y sus posibilidades de pandeo. Este valor neutraliza parte de la buena resistencia a la compresión paralela a la cual se ha hecho referencia anteriormente.

Conclusiones:

La madera como podemos observar por si sola no es un buen aislante acústico pero si compuesta o unida a otros materiales mas porosos.

Las características mas importantes que afectan al desarrollo de "Corkwood" es la capacidad de absorción que tenga la madera y para ello hemos elegido una especie que nos ofrece dos propiedades que requiere "Corkwood" como es la porosidad y flexión.

Un factor a tener en cuenta es que estamos hablando de madera pero en este caso es madera que se obtiene por desenrollo con un grosor que oscila entre 0,7 y 0,9 mm de grosor, con lo cual dejando más rugosa su capa exterior conseguimos mayor absorción y transmisión.

La especie elegida tras distintos testeos en el mercado por distintos profesionales y estudios realizados por (Santiago Vignote, 2014), (Sotomayor & Villaseñor, 2016) y (Rangel, Ruben, 2016). Es la madera de fresno conocida como *Fraxinus americana* y *Fraxinus uhdei*.



La madera de fresno es una madera muy polivalente y utilizada. Ofrece una excelente relación entre calidad y resistencia. Existen principalmente dos tipos de fresno: el europeo, que podemos encontrar en toda Europa Occidental e incluso en el Norte de África, y el americano, en la mitad este de Estados Unidos principalmente. Es especialmente flexible. Esta característica hace que se use en ámbitos donde se requiere flexibilidad y resistencia al impacto o rotura. (Fig. 13) Por ejemplo, en la fabricación de vehículos o materiales deportivos. (Sotomayor & Villaseñor, 2016).

En este caso para este proyecto la principal propiedad por la que se ha elegido esta madera es su porosidad.

Las características acústicas de la madera de *Fraxinus americana* (Fig. 14) y *Fraxinus uhdei* sitúan favorablemente a estas especies para que usos tradicionales se diversifiquen al incorporarlas como material de ingeniería en la industria de transformación.

La técnica usada para fabricar el "CORKWOOD" es el rechapado, que es el resultado de revestir, mediante un proceso de juntado, encolado y prensado, tableros aglomerados de partículas, fibras o en este caso paneles de corcho aglomerado de alta densidad.

Las primeras pruebas y prototipos se realizaron artesanalmente en una carpintería donde se aplacó el material manualmente. Se seleccionaron previamente las chapas y el

Fig. 13. Muestra chapa *Fraxinus*. Became Estudio 2021

FRESNO EUROPEO o <i>Fraxinun uhdei</i>	FRESNO AMERICANO o <i>Fraxinun americano</i>
<p>Propiedades físicas</p> <ul style="list-style-type: none"> · Densidad aparente al 12% de humedad 690 kg/m³ madera semipesada. · Estabilidad dimensional · Coeficiente de contracción volumétrico 0,45 % madera de estable a nerviosa. · Relación entre contracciones 1,64% sin tendencia a deformarse. · Dureza (Chaláis-Meudon) 4,2 madera semidura. 	<p>Propiedades físicas</p> <ul style="list-style-type: none"> · Densidad aparente al 12% de humedad 640 kg/m³. Madera semipesada. · Estabilidad dimensional · Coeficiente de contracción volumétrico 0,41% madera estable. · Relación entre contracciones 1,6% sin tendencia a atear. · Dureza (Chaláis-Meudon) 4,0 madera semidura.
<p>Propiedades mecánicas</p> <ul style="list-style-type: none"> · Resistencia a flexión estática: 1.130 kg/cm³ · Módulo de elasticidad: 129.000 kg/cm³ · Resistencia a la compresión: 510 kg/cm³ 	<p>Propiedades mecánicas</p> <ul style="list-style-type: none"> · Resistencia a flexión estática: 1.030 kg/cm³ · Módulo de elasticidad: 120.000 kg/cm³ · Resistencia a la compresión: 511 kg/cm³
<p>Impregnabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> · Duramen: Medianamente impregnable · Albura: Medianamente impregnable 	<p>Impregnabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> · Duramen: Medianamente impregnable · Albura: Impregnable

Fig.14. Comparativa entre los distintos tipos de madera de fresno.

corcho aglomerado de distintos grosores, y se procedió a aplicar el pegamento con una espátula para que así quedara uniforme por ambas caras, en el corcho y en la chapa. Se realizaron pruebas con espátula y rodillo dentado; ambas dieron buen resultado, pero con el rodillo quedaba más uniforme el pegamento, quedaba más flexible y se obtenía un resultado con más poro abierto. Las planchas que se pegaron con espátula quedo una capa mas gruesa de pegamento quedando la pieza mas rígida y cerrando prácticamente el poro.

El proceso de aplacado consta de varias fases y en particular en este caso se hizo más énfasis en el proceso de selección de chapa dada la particularidad del poro y la estética final.

Las fases son: clasificado, canteado, juntado de chapas, repasado, clasificado de caras, encolado, prensado y lijado. Aquí se muestran las partes mas importantes del proceso:

a) Se selecciona la chapa de fresno manualmente y se prepara para pasar por la guillotina y se clasifican para coserla y crear el formato deseado para el encolado. (Fig. 15 y 16).

b) La chapa y el corcho aglomerado pasa por un túnel de encolado, se aplica el pegamento sobre el corcho y la chapa, pasan por unos rodillos donde se presan ambos materiales y quedan perfectamente unidos, prensados y lijado. (Fig.17 y 18).

Fig.15. Selección y corte de chapa.
Rechapados Ferrer. (2021).



Fig.16. Cosido de chapa.
Zampieri. (2021).



Fig.17. Encolado.
Rechapados del norte. (2021)



Fig.18. Prensado y encolado.
Rechapados del norte. (2021)



Destacar que el proceso de encolado para los tableros de partículas se realiza mediante cola caliente por ambas caras y para "Corkwood" se debe realizar mediante una cola de contacto concretamente el modelo Novopren de la marca Rayt®. Es una cola de contacto de poli-cloropreno en base disolvente, entre sus principales características se encuentran:

- Buena resistencia al calor.
- Apto para materiales flexibles.
- Líquido apto para aplicación con rodillo.

Este tipo de cola aún no se ha probado en la cadena de fabricación de rechapados ya que no todas las máquinas admiten este tipo de aplicación en frío.

Por último y el proceso más importante para "Corkwood" es la imprimación final que protege a la chapa de madera pero debe cumplir dos características importantes para la homologación del producto:

- Dejar el poro de la madera abierto.
- Ser ignífugo para cumplir con la norma CTE/DB-SI.

Para ello se necesita un barniz que proteja la madera de cualquier mancha y deje el poro abierto, pero además para que el producto pueda ser apto para su instalación en lugares públicos debe cumplir la norma SI contra incendios.

Tras una búsqueda en las principales marcas de barnices y lacas para el mobiliario, encontramos solo una marca en el mercado que cumpliera con las dos cualidades que requiere el producto. En este caso la marca Italiana Milesi® de Ivm Group ha formulado una nueva gama de productos ignífugos innovadores en el mercado, con la clasificación más baja en emisión de humos y exentos de disolventes aromáticos y compuestos halogenados, una nueva gama de barnices ignífugos para madera, obteniendo la máxima clasificación en ensayos de reacción al fuego según norma: UNE EN 13501-1:07 + A1:2010.

Las principales características de este barniz son:

- Producto ignífugo (con la máxima clasificación sin apenas emisión de humos).
- Producto acrílico No amarilleante.
- Exento de disolventes aromáticos y compuestos halogenados.
- Procesos de barnizado a poro abierto con un excelente diseño del poro.
- Disponibilidad de toda la Serie de grados de brillo (50ºGloss hasta 5ºGloss).
- Un único producto de Fondo y Acabado.
- Máxima facilidad de aplicación (pistola aerográfica, airmix).
- Rapidez de secado a temperatura ambiente o aire caliente.
- Catalizador TX290 sin aromáticos.

Con este producto se obtiene una textura de "poro abierto", se protege la madera con una barrera contra incendios y se obtienen mejores resultados de absorción. (Fig.19).

Este proceso aún se encuentra en estudio por dos laboratorios y pendiente de una nueva prueba en cabina para la absorción y para la reacción del fuego. En este punto se debe destacar que el corcho es retardante del fuego y la chapa de madera solo tiene una protección final con lo cual no se conseguirá la clasificación mas alta en este aspecto.

Fig.19. Muestra barnizada poro abierto. Became Estudio. (2021)



Medición Acústica

Se realiza un primer ensayo de medición de la absorción acústica en una cámara reverberante normalizada de Audiotec³. Tiene como finalidad analizar la absorción acústica, mediante la obtención del coeficiente de absorción sonora, α_s , y del coeficiente de absorción sonora ponderado, α_w , de un sistema, medido en cámara reverberante.

La muestra testeada fue la siguiente:

- Tablero con soporte de corcho aglomerado de 24 mm y acabado en chapa de madera de poro abierto.
- Las dimensiones de cada tablero son de 950 x 635 mm y 24 mm de espesor.

El ensayo se ha llevado a cabo en la cámara reverberante normalizada de AUDIOTEC en el Parque Tecnológico de Boecillo (Valladolid). MÉTODO DE ENSAYO: UNE EN ISO 354:2004. Acústica. Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante. 27 Mayo 2020.

3. AUDIOTEC, INGENIERÍA ACÚSTICA, S.A con domicilio social en Juanelo Turriano, 4, Parque tecnológico de Boecillo (Valladolid).

Teniendo en cuenta las siguientes normas y procedimientos del laboratorio:

- UNE-EN ISO 354:2004 (Acústica. Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante).
- UNE EN ISO 11654:1998 (Acústica. Absorbentes acústicos para su utilización en edificios. Evaluación de la absorción acústica).
- Procedimiento de medida y los cálculos expuestos en el procedimiento específico PE-27 del Laboratorio de acústica de AUDIOTECH

1. Metodología y parámetros del ensayo.

Dentro de la cámara reverberante se seleccionaron dos posiciones de fuente sonora. Estas posiciones se ubicaron separadas más de 3 m. entre ellas. La fuente sonora tiene un patrón de radiación omnidireccional.

Para cada posición de fuente sonora se seleccionaron 6 posiciones de micrófono distribuidas en el interior de la cámara, alejadas al menos 1m de las paredes, al menos 1,5 m. entre las distintas posiciones, a más de 2 m. de la fuente sonora y a más de 1 m. de la muestra de ensayo. En cada posición de micrófono, se realizaron 3 lecturas del nivel sonoro de caída y se registró el tiempo de reverberación en cada banda de frecuencia resultante del promedio de las tres caídas de nivel sonoro producidas en cada interrupción de fuente.

Se generó ruido en banda ancha con la fuente sonora a un nivel sonoro al menos 45 dB superior al ruido de fondo que se había medido previamente, en cada banda de frecuencia dentro del rango de frecuencias de evaluación, y con un espectro de ruido tal, que las diferencias en los niveles de presión sonora resultantes en el interior de la cámara, eran menores de 6 dB en bandas de tercio de octava adyacentes. Se utilizó el método de ruido interrumpido.

En cada posición de micrófono se midió el tiempo de reverberación, TR₂₀, en las bandas de tercio de octava comprendidas entre 100 y 5000 Hz.

Este método operativo se empleó tanto para las mediciones del T₁ (la cámara vacía, sin la muestra) como del T₂ (la cámara con la muestra en su interior).

El T₁ se midió con la cámara vacía, sin la instalación de la muestra.

El T₂ se midió con la muestra rodeada por un perímetro formado por listones de madera de 30 mm de espesor.

Se aplicó en todo momento, las correcciones por el cambio en la absorción sonora en el aire debido a las variaciones en las condiciones meteorológicas durante las mediciones de T₁ y T₂. Para ello, se calculó el coeficiente de atenuación sonora en el aire, según la Norma Internacional ISO 9613-1 (Acústica. Atenuación del sonido durante la propagación en exteriores. Parte 1: Cálculo de la absorción del sonido en la atmósfera).

2. Instrumentación empleada.

La instrumentación empleada en el ensayo ha sido la siguiente:

- Fuente de ruido Brüel & Kjaer tipo 4292, con no de serie 004007.

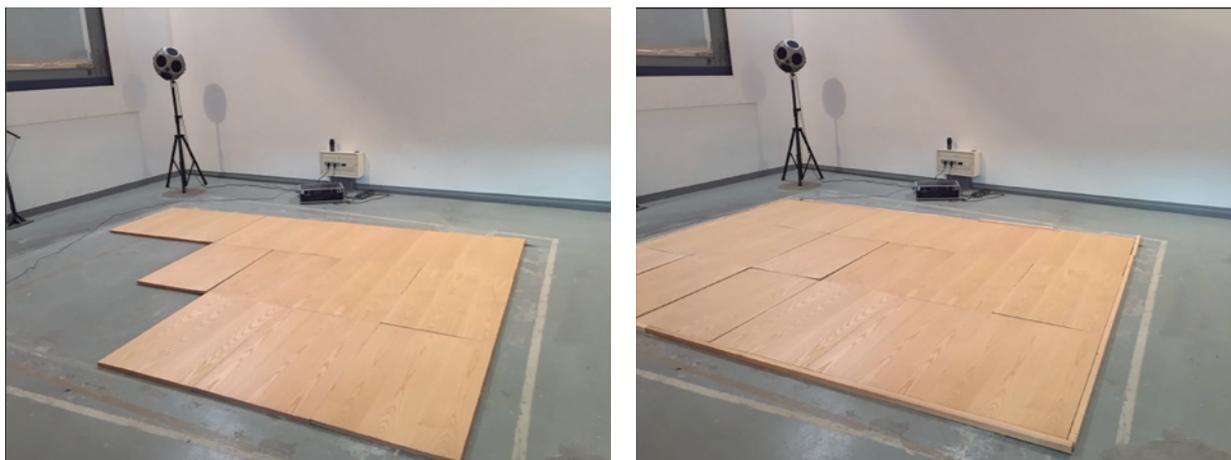


Fig. 20. Montaje
planchas
para ensayo 1.
Audiotec. (2020)

Fig. 21. Montaje
planchas
para ensayo 2.
Audiotec. (2020)

- Analizador de espectros Brüel & Kjaer tipo 2250, clase 1, con no de serie 3011769, previamente verificado. Dicho analizador lleva incorporado filtros en bandas de frecuencia.
- Amplificador PHONIC MAX 860 con no de serie ABA2GBA171.
- Ecuilizador en tercios de octava BEHRINGER modelo DEQ2496.
- Calibrador-verificador B&K tipo 4231, de clase 1, con no de serie 2136530.
- Termoanemómetro BARIGO, modelo no 525.

Nota: Los equipos de medida y calibración tienen en vigor el correspondiente certificado de verificación periódica que certifica el cumplimiento de la "Orden Ministerial ITC/2845/2007, de 25 de septiembre, por la que se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos (B.O.E. no 237 del miércoles 3 de octubre de 2007).

3. Características, descripción y dimensiones de la muestra y de la cámara.

Descripción de la muestra de ensayo:

La muestra se instaló directamente sobre el suelo, poniendo 3 filas de 6 tableros que cubrían una superficie aproximada de 10,8 m². Alrededor de la muestra se instaló un perímetro de listones de madera para cubrir los bordes. Las juntas entre tableros se taparon con cinta adhesiva. (Fig.20,21 y 22).

Disposición de la muestra de ensayo en la cámara:

Se realizó un montaje tipo A. Alrededor de la muestra se instaló un perímetro de listones de madera cubriendo los laterales. Las dimensiones de la muestra fueron de 3810 x 2850 mm, con un espesor de 24 mm. La superficie de la muestra bajo ensayo es de 10,80 m².

En la Fig. 23 se visualiza un croquis en planta con la posición de la muestra.



Características de la cámara de ensayo:

La cámara reverberante normalizada tiene forma de prisma irregular de seis caras, no tiene ningún lado paralelo entre sí y tiene un volumen de 202,12 m³.

La cámara reverberante tiene once difusores fijos ligeramente curvados, suspendidos del techo para conseguir una difusión satisfactoria en su interior.

Los difusores están formados por láminas de metacrilato de dimensiones (1 x 1,60 m) y (0,80 x 1,20 m), distribuidas por todo el volumen y orientadas al azar.

La suma total de las superficies de la cámara (paredes, suelo y techo), S_t , es de 211,1 m².

La temperatura existente en la cámara durante las mediciones de T₁ fue de 18,6 oC al inicio y 17,7 oC al final y la humedad relativa del 41 % al inicio y 42 % al final.

La temperatura existente en la cámara durante las mediciones de T₂ fue de 17,2 oC al inicio y 17,0 oC al final y la humedad relativa del 42 % al inicio y 42 % al final.

3. Resultados del tiempo de reverberación y coeficiente de absorción.

A continuación, se presentan tres hojas con los resultados obtenidos en los ensayos:

En la primera tabla (Fig.24) se reflejan los tiempos reverberación promedio (con muestra, T₂ y sin muestra, T₁), y del coeficiente de absorción sonora, α_s , todo ello en bandas de tercio de octava. También se presenta una gráfica (Fig.23) con los tiempos de reverberación promedio, T₁ y T₂.

En la (Fig.24) se presenta una descripción de la muestra ensayada y una tabla y gráfica del coeficiente de absorción sonora, α_s , en bandas de tercio de octava.

En la (Fig.25) se presenta una gráfica y una tabla del coeficiente de absorción sonora calculado en bandas de octava, α_p , así como un valor global del coeficiente de absorción sonora ponderado, α_w , calculado según la norma UNE EN ISO 11654:1998 junto con su indicador de forma (si hubiere), así como la clase de absorción acústica del absorbente según la tabla B.1 del Anexo B de la misma norma.

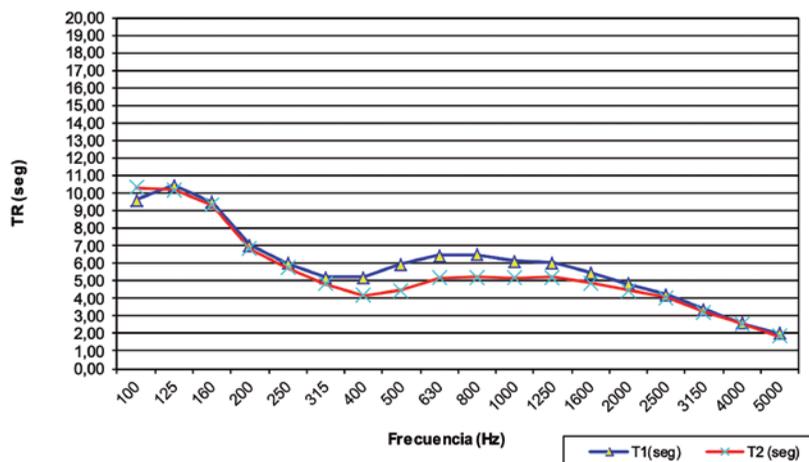
Fig. 22. Detalle de la junta entre tableros 3. Audiotec. (2020)

Fig. 23. Vista en planta con posición de la muestra en la cámara reverberante 4. Audiotec. (2020)

Fig. 24. Tabla tiempos de reverberación. Audiotec. (2020)

Frec(Hz)	T1(seg)	T2 (seg)	A ₁ (m ²)	A ₂ (m ²)	A _T (m ²)	α _s
100	9,59	10,33	3,3	3,1	-0,2	0,00
125	10,45	10,19	3,0	3,1	0,1	0,01
160	9,49	9,32	3,3	3,4	0,1	0,01
200	7,05	6,81	4,4	4,6	0,2	0,02
250	5,99	5,73	5,2	5,5	0,3	0,02
315	5,21	4,82	6,0	6,5	0,5	0,05
400	5,22	4,16	5,9	7,5	1,6	0,15
500	5,97	4,47	5,0	6,9	1,9	0,17
630	6,44	5,16	4,5	5,8	1,3	0,12
800	6,49	5,21	4,4	5,6	1,3	0,12
1000	6,14	5,16	4,5	5,5	1,0	0,10
1250	6,02	5,22	4,4	5,2	0,8	0,08
1600	5,47	4,89	4,5	5,2	0,7	0,07
2000	4,83	4,45	4,7	5,2	0,5	0,05
2500	4,20	4,03	4,7	5,0	0,3	0,03
3150	3,37	3,23	5,2	5,4	0,3	0,02
4000	2,58	2,56	5,6	5,5	-0,1	0,00
5000	2,02	1,85	5,6	6,7	1,2	0,11

Fig. 25. Gráfico tiempos de reverberación. Audiotec. (2020)



Los resultados de este ensayo sólo conciernen a los objetos presentados a ensayo y en el momento y condiciones en que se realizaron las medidas.

Tras este primer ensayo de medición acústica, seguimos actualmente trabajando y testeando distintas variables para mejorar los resultados. Algunos parámetros como los adhesivos y el proceso de barnizado son mejorables.

Conclusiones:

El corcho es un material con un importante potencial en distintos usos gracias a sus características únicas e incomparables. Además, es un material natural, reciclable y reutilizable. El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un material con una capacidad de absorción y mejora de las condiciones acústicas dentro de los espacios interiores. "CORKWOOD" aporta un valor añadido fundamental, ya que posibilita el desarrollo de unas potencialidades estéticas clave, permitiendo unos revestimientos funcionales e innovadores en sus acabados y sus formatos.

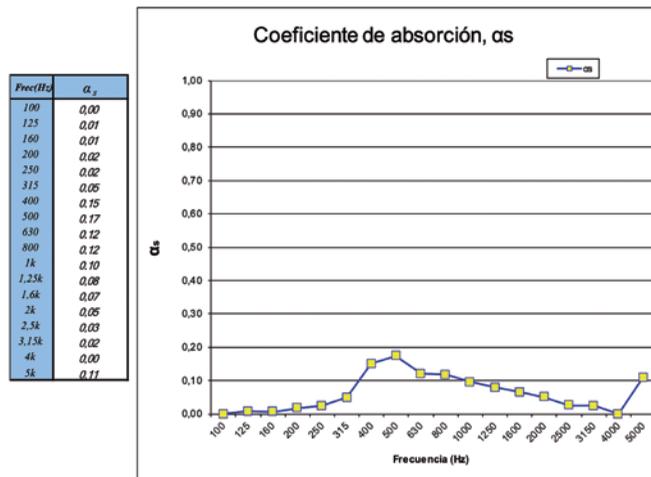


Fig. 26. Tabla y Gráfica de tiempos de reverberación. Audiotec. (2020)

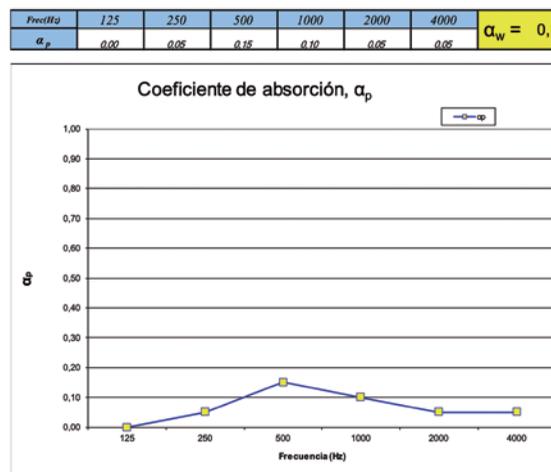


Fig. 27. Gráfica Coeficiente de absorción, α_p . Audiotec. (2020)

El formato de "CORKWOOD FLEX" constituye, a nuestro juicio, una importante mejora para los procesos de instalación ya que se desarrollará como una bobina de un grosor de 10 mm y se podría aplicar de forma similar a un papel pintado.

Junto a uno de nuestros colaboradores tuvimos la oportunidad de presentar los primeros prototipos en una de las ferias más importantes en el canal de prescripción "ARCHITECT@WORK", en la que tuvo una gran acogida por parte de arquitectos, diseñadores y decoradores.

Para esta ocasión contamos con una chapa de la colección "GRAFFITI" de la marca Tabú®, aplicada sobre el "CORKWOOD FLEX". (Fig. 28). Se pretendía con ello demostrar sus características y resaltar aquellas que lo diferencian de los productos actuales del mercado: (Fig. 29, Fig. 30, Fig. 31, Fig. 32 y Fig. 33).

- El potencial estético
- La versatilidad y su fácil instalación
- Su núcleo natural, ecológico, térmico y acústico.



Fig.28. Architect@
work. Presentación
prototipo en Stand
MUESCO. (2019)

Fig. 29.. Architect@
work. Detalle Chapa.
MUESCO. (2019)





Fig. 30. Architect@work.
Detalle "CORKWOOD
FLEX". MUESCO. (2019)



Fig. 31. Architect@work.
Detalle "CORKWOOD
FLEX". MUESCO. (2019)

Fig. 32. Architect@
work. Detalle técnico.
MUESCO. (2019)



Fig. 33. Architect@
work. Muestras colores.
MUESCO. (2019)



Bibliografía

- AITIM. (2011). Asociación de Investigación Técnica de las industrias de la madera. Chapas Madera. [en línea]. Disponible en Web: https://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_40_Chapas%zode%20Madera_28.07.2011.pdf
- AITIM. (2011). Asociación de Investigación Técnica de las industrias de la madera. Madera Generalidades. [en línea]. Disponible en Web: https://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_2_Madera%20Generalidades_2018.06.06.pdf
- AMORIN CORK COMPOSITES. (2021). Lab Innovación. [en línea]. Disponible en Web: <https://amorimcorkcomposites.com/en/why-cork/what-is-cork/>
- DOCUMENTO BÁSICO HR. Protección frente al ruido. CTE Ministerio de vivienda. (2016, 3 de diciembre). https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HR/GUIA_DBHR_201612.pdf
- IVM Chemicals SRL. (2019). Barnices para la madera Milesi. [en línea]. Disponible en Web: <http://www.ilvabarnices.es/es/pages/72-barnices-ignifugos>
- LABORATORIOS RAYT, S.A.U. (2021). Adhesivos de contacto. [en línea]. Disponible en Web: <https://rayt.com/profesionales/adhesivos-de-contacto/uso-especifico/novopren-especial-corcho-2/>
- MACARRÓN, M. (2021). Aislamiento y acondicionamiento acústico. Cuando lo importante es el confort. *Revista Promateriales*. NºR2021/ PM-1518. Madrid. <https://promateriales.com/pdf/PM-151%208-min.pdf>
- MELLADO, P. (2017, 9 de agosto). Mini Off / Mobiliario para ludotecas. Los decibelios en el aula. *Experimenta*. <https://www.experimenta.es/noticias/industrial/mini-off-coleccion-de-mobiliario-infantil-con-absorcion-acustica-de-be-estudio/>
- NEGREIRA, J. (2021). Aislamiento y acondicionamiento acústico. Cuando lo importante es el confort. *Revista Promateriales*. NºR2021/ PM-1518. Madrid. <https://promateriales.com/pdf/PM-151%208-min.pdf>
- RANGEL, R. (2016). Descripción anatómica de la madera de Fresno Fraxinus uhdei. [en línea]. Disponible en Web: https://www.researchgate.net/publication/304876403_Descripcion_anatomica_de_la_madera_de_Fresno_Fraxinus_uhdei_Wenz_Lingelsh
- RIAL, S. (2013). Acondicionamiento Acústico. La Conversación en espacios de ocio. (Trabajo fin de Grado) Universidad de A Coruña. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica (EUAT).
- SANCHIS, J. (2008). Modelización, simulación y caracterización acústica de materiales para su uso en acústica arquitectónica [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/2932>
- SANTIAO VIGNOTE. (2014). Principales maderas de frondosas de España. Características, tecnología y aplicaciones. E.T.S.I. Montes (UPM). <https://oa.upm.es/30638/>
- SINECO. (2021). Soluciones Acústicas para Espacios con Ruido. [en línea]. Disponible en Web: <https://sineco-acustica.com/blog/aislamiento-acustico-acondicionamiento-acustico/>
- SOTOMAYOR, R., & VILLASEÑOR, J. M. (2016). Propiedades acústicas de madera de Fraxinus Americana y Fraxinus Uhdei. *Ciência de Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, 7(3). <http://dx.doi.org/10.12953/2177-6830/rcm.v7n3p147-155>