

2021 ENTREGABLE



Proyectos

INNOCOND

DESARROLLO DE MATERIALES SOSTENIBLES INNOVADORES
PARA MEJORAR EL AISLAMIENTO TÉRMICO EN CONSTRUCCIÓN

Entregable E3.4: Ficha técnica resumen de los resultados
alcanzados durante el proyecto

Número de proyecto: 22100059

Expediente: IMDEEA/2021/5

Duración: Del 01/09/2021 al 30/09/2022

Coordinado en AIDIMME por: ABIÁN PÉREZ, MIGUEL ÁNGEL

Línea de I+D: APLICACIONES AVANZADAS DE LOS MATERIALES



GENERALITAT
VALENCIANA

ivACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

ÍNDICE

1	Introducción	3
2	Objetivos del proyecto	4
3	Resultados obtenidos en el Paquete de Trabajo 4: Análisis de materiales de aislamiento avanzados y recientes, y de su posible uso en construcción y rehabilitación	6
3.1	Antecedentes: consumo energético en el sector de la construcción	6
3.2	Materiales aislantes	7
3.3	Factores que influyen en la conducción calorífica de los aislantes	13
3.4	Fichas técnicas resumen de los materiales aislantes analizados	18
3.5	Bibliografía consultada	69
4	Resultados obtenidos en el Paquete de Trabajo 5: Desarrollo de materiales sostenibles, innovadores y de uso estructural para mejorar el aislamiento térmico en construcción	76
4.1	Especificación de los requisitos técnicos y medioambientales para los materiales innovadores aislantes y de uso estructural	76
4.2	Desarrollo del nuevo material lignocelulósico para los materiales innovadores aislantes y de uso estructural	76
4.3	Desarrollo de los prototipos de los materiales innovadores aislantes y estructurales	79
5	Resultados obtenidos en el Paquete de Trabajo 6: Caracterización técnica de los materiales innovadores desarrollados	81
6	Conclusiones	87

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

AIDIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

1 Introducción

El presente entregable corresponde a la **tarea 3.1** (*Transferencia tecnológica y promoción de los resultados a empresas y profesionales de los sectores de interés*) del proyecto de I+D INNOCOND.

En el documento se exponen los principales resultados técnicos del proyecto.

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

2 Objetivos del proyecto

El objetivo general del proyecto de I+D INNOCOND ha consistido en **investigar y desarrollar materiales innovadores renovables y reciclables, de alto aislamiento térmico, alta resistencia mecánica y baja densidad, destinados a la rehabilitación y a la construcción (tanto tradicional como bioconstrucción, construcción pasiva y construcción bioclimática).**

El proyecto ha sido financiado por el **IVACE** (Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial) y cofinanciado por el Programa Operativo **FEDER** de la Comunidad Valenciana 2021-2027. INNOCOND empezó en septiembre de 2021 y ha concluido en septiembre de 2022.

El mencionado objetivo responde a la necesidad de disponer de materiales aislantes de origen renovable, fácilmente reciclables y que tengan una resistencia mecánica alta para ser usados estructuralmente en construcción y rehabilitación. Existen materiales lignocelulósicos que tienen alto aislamiento térmico (tableros de corcho, p.ej.), pero cuya resistencia mecánica y su cohesión son muy bajas. Igualmente, existen materiales lignocelulósicos de resistencia mecánica media o alta en relación con su densidad (madera contralaminada, tableros de virutas orientadas u OSB, etc.), pero cuyo aislamiento térmico es bastante inferior al de la lana de roca o de vidrio.

Se necesita, en consecuencia, **desarrollar materiales para construcción/rehabilitación que satisfagan los siguientes requisitos: alta resistencia mecánica, alto aislamiento térmico, baja densidad, de origen sostenible y fácilmente reciclables.**

En resumen, los materiales innovadores que se han desarrollado en el proyecto cumplen los anteriores requisitos, y en ellos se usan materiales lignocelulósicos procedentes de la Comunitat Valenciana. Se ha primado que los procesos de fabricación de estos materiales sean sencillos y no requieran maquinaria costosa ni grandes consumos energéticos, de manera que **su fabricación esté al alcance de las PYMEs valencianas**. Desde su concepción, los nuevos materiales son **de aplicación directa para conseguir edificios de consumo de energía casi nulo (nZEB)**.

Los **objetivos específicos** del proyecto han sido los siguientes:

- **Analizar materiales de aislamiento avanzados, recientes o en proceso de desarrollo, y su posible uso en construcción y rehabilitación.** El análisis tiene en cuenta sus ventajas, desventajas y limitaciones.
- **Desarrollar nuevos materiales** para construcción/rehabilitación que satisfagan los siguientes requisitos: **alta resistencia mecánica, alto aislamiento térmico, baja densidad, de origen sostenible y fácilmente reciclables.**
- **Proponer desde su concepción posibles aplicaciones directas de los materiales desarrollados para conseguir edificios de consumo de energía casi nulo (nZEB).**
- Describir el **mercado objetivo** de los nuevos materiales.
- **Caracterizar estructural y térmicamente los materiales desarrollados**, según el CTE.
- A partir de los resultados obtenidos en la caracterización, se **han mejorado y optimizado los materiales desarrollados.**
- **Difundir de forma efectiva el proyecto y sus resultados.**

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

- **Transferir y promover los resultados a empresas de la Comunitat Valenciana**, escogiendo los canales más adecuados para que la transferencia tenga el mayor impacto posible.

INNOCOND se ha dirigido al sector de la construcción y rehabilitación, a empresas de 1ª y 2ª transformación de la madera, a estudios de arquitectura e ingeniería para construcción y estructuras y, por último, a empresas de software.



**GENERALITAT
VALENCIANA**



INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

3 Resultados obtenidos en el Paquete de Trabajo 4: Análisis de materiales de aislamiento avanzados y recientes, y de su posible uso en construcción y rehabilitación

3.1 Antecedentes: consumo energético en el sector de la construcción

El gasto energético global en la edificación industrial y en la residencial se ha convertido en una de las preocupaciones más importantes de la tercera década del siglo XXI. La construcción de edificios, el procesamiento de materias primas y la fabricación de productos son las mayores fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero. Los compuestos de dióxido de carbono son los principales subproductos del consumo de combustibles fósiles (petróleo, gas natural, carbón); y dado que los edificios se encuentran entre los grandes consumidores de energía, también contribuyen de forma importante al calentamiento global que está acelerando el cambio climático.

La Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 está dedicada al rendimiento energético de los edificios y fue transpuesta parcialmente al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 235/2013 de 5 de abril de 2013 por el que se aprobó el "Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios, tanto de nueva construcción, como existentes".

El Real Decreto 390/2021 de 1 de junio de 2021 presenta tantos cambios respecto al R.D. 235/2013, que lo deroga y pasa a ser el reglamento sobre certificación de la eficiencia energética vigente. **Establece que la nueva construcción deberá tener un consumo energético casi nulo, y esa energía deberá proceder en gran medida de fuentes renovables**, debido a que se ha determinado que el sector de la construcción es el mayor consumidor de energía, pues genera hasta un tercio de las emisiones globales anuales de gases de efecto invernadero, consume un 40% de la energía mundial y consume el 25% del agua mundial [Lemmet, 2009].

Se prevé que el consumo mundial de energía crezca un 64% hasta el año 2040 por el aumento considerable de viviendas, edificios industriales, construcción comercial y urbana, debido al desarrollo industrial y al aumento de la población [Useia, 2018].

Los desastres ambientales y el cambio climático son cada vez más evidentes. Por ejemplo, el calentamiento global del efecto invernadero se prevé que elevará la temperatura superficial promedio de la Tierra de 1,1° a 6,4°C a finales de 2100, según varias fuentes: Solomon (2007) y Pachauri y Reisinger (2007). El 45% de las emisiones de dióxido de carbono son causadas principalmente por los edificios y la industria de la construcción [Olivier, Schure y Peters, 2017].

El mayor consumo de recursos naturales para sistemas de iluminación, refrigeración, ventilación, reciclaje, calefacción y refrigeración en edificios de viviendas y comerciales, debido a la aceleración de la urbanización, causa un enorme gasto de energía. **Por lo tanto, es necesario utilizar materiales**

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

aislantes para un mejor aprovechamiento de la energía y para desarrollar y mejorar estrategias energéticas sostenibles en el sector de la construcción.

3.2 Materiales aislantes

A medida que la energía se vuelva más cara y escasa, el uso de materiales de aislamiento térmico en edificios es cada vez más necesario. El aislamiento térmico consiste en la utilización de un material o de una combinación de materiales que retardan la velocidad del flujo de calor por conducción, convección y radiación [Al-Homoud, 2005]. Se considera que un material es buen aislante si tiene una conductividad térmica menor de $0,10 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

El uso de productos de aislamiento térmico ayuda a reducir la dependencia de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado para mantener la comodidad en los edificios. Por lo tanto, conserva energía y disminuye el uso de recursos naturales. Otras ventajas de su uso son la rentabilidad, la ampliación de los períodos de confort térmico interior, la reducción de los niveles de ruido, la protección contra incendios, etc. [Al-Homoud, 2005].

Estos materiales permiten que los sistemas alcancen condiciones de eficacia energética. Los productos de aislamiento sostenibles que menos energía necesitan para su producción y que presentan emisiones ambientales reducidas están aumentando en popularidad, y se está desarrollando continuamente una gran cantidad de materiales innovadores de aislamiento [Walker y Pavía, 2015], si bien muchos de ellos son todavía de uso experimental o muy reducido.

Muchos de los materiales de aislamiento térmico pueden clasificarse en **cuatro grupos generales que incluyen materiales inorgánicos, orgánicos, combinados y avanzados** [Yüksel, 2016]. Los materiales inorgánicos (lana de roca y lana de vidrio) ocupan el 60% del mercado, mientras que los materiales orgánicos tienen un porcentaje del 27%.

A pesar de su origen petroquímico y de su elevado impacto medioambiental, materiales convencionales como el poliuretano (PUR), el poliisocianurato (PIR), el poliestireno extruido (XPS) y el poliestireno expandido (EPS) son muy utilizados en edificios por su bajo coste y su baja conductividad térmica [Villasmil, Fischer y Worlitschek, 2019].

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

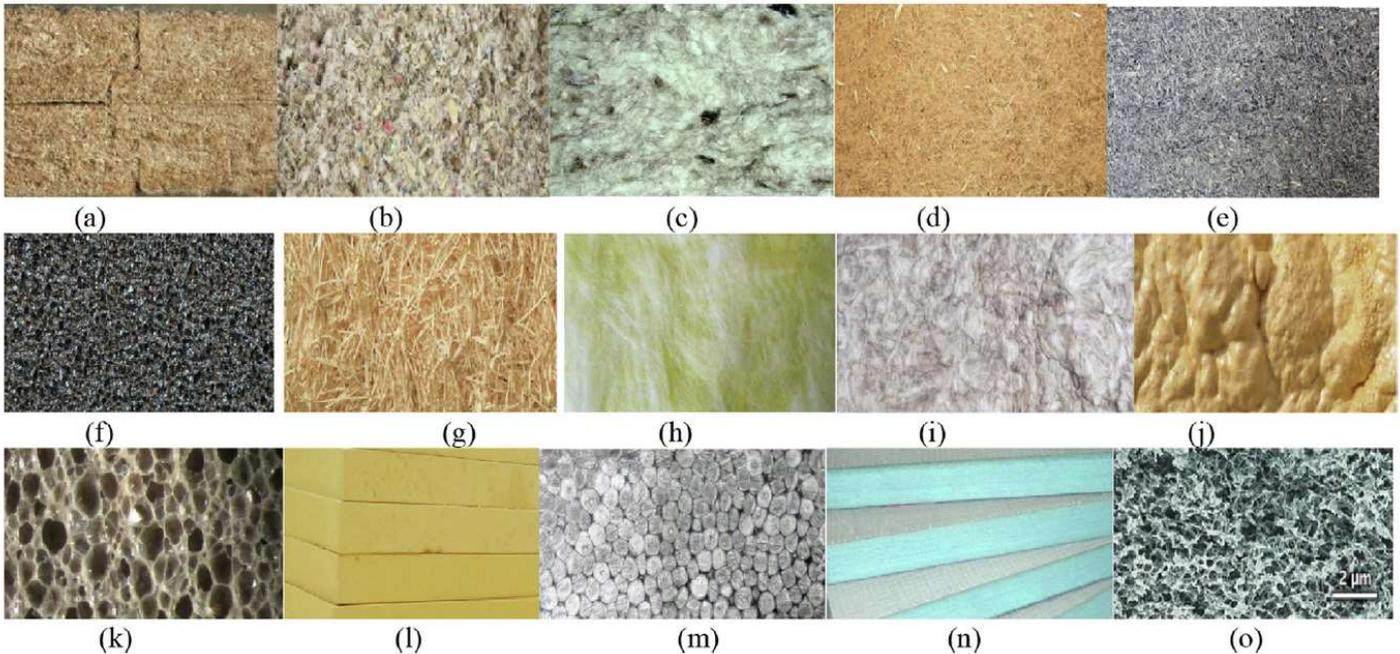


Figura 1. Imágenes de materiales aislantes de distintos tipos: (a) fibra de madera, (b) celulosa, (c) lana, (d) cáñamo, (e) mezcla de cáñamo y cal; (f) vidrio celular; (g) paja; (h) lana mineral de vidrio; (i) lana mineral de roca; (j) espuma H2 Lite; (k) espuma fenólica; (l) espuma de polisocianurato; (m) EPS; (n) XPS; (o) aerogel. FUENTE: Hasan *et al.* (2021)

La lana mineral incluye una variedad de materiales de aislamiento inorgánicos como lana de roca, lana de vidrio y lana de escoria. El rango promedio de la conductividad térmica (λ) de la lana mineral se sitúa entre 0,03 y 0,04 W/(m·K) y los valores típicos de λ de lana de vidrio y lana de roca son 0,03–0,046 W/(m·K) y 0,033–0,046 W/(m·K), respectivamente. Estos materiales tienen las ventajas de tener conductividad térmica baja, no ser inflamables y ser muy resistentes a la humedad. **Sin embargo, su fabricación requiere grandes cantidades de energía, al igual que su reciclado, y pueden causar problemas de salud; por ejemplo, irritación de la piel y los pulmones [Abu-Jdayil *et al.*, 2019].** Los materiales aislantes orgánicos, que son renovables, reciclables, de bajo impacto ambiental y de bajo consumo energético en su fabricación, se utilizan muy poco hasta la fecha [Aditya *et al.*, 2017].

Con el propósito de retardar la transferencia de calor en envolventes de edificios, se han producido y se siguen produciendo nuevos materiales de aislamiento para lograr la mayor resistencia térmica posible. Algunos de los más recientes son los paneles de aislamiento al vacío (*Vacuum insulated panels* o VIP en inglés), paneles rellenos de gas (*Gas filled panels* o GFP en inglés), aerogeles y materiales de cambio de fase (PCM).

Entre ellos, los VIP tienen uno de los valores de conductividad térmica más bajos (inferior a 0,004 W/(m·K)) y tienen una elevada esperanza de vida (más de 50 años). Este material ultraaislante se crea dentro del panel, lo que disminuye el espesor de los materiales de aislamiento térmico, pero la conductividad térmica aumenta irreversiblemente con el tiempo debido a la difusión del vapor de agua y del aire a través de la envoltura [Abu-Jdayil *et al.*, 2019].

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción



Figura 2. Paneles de aislamiento al vacío (VIP). FUENTE: Netzsch

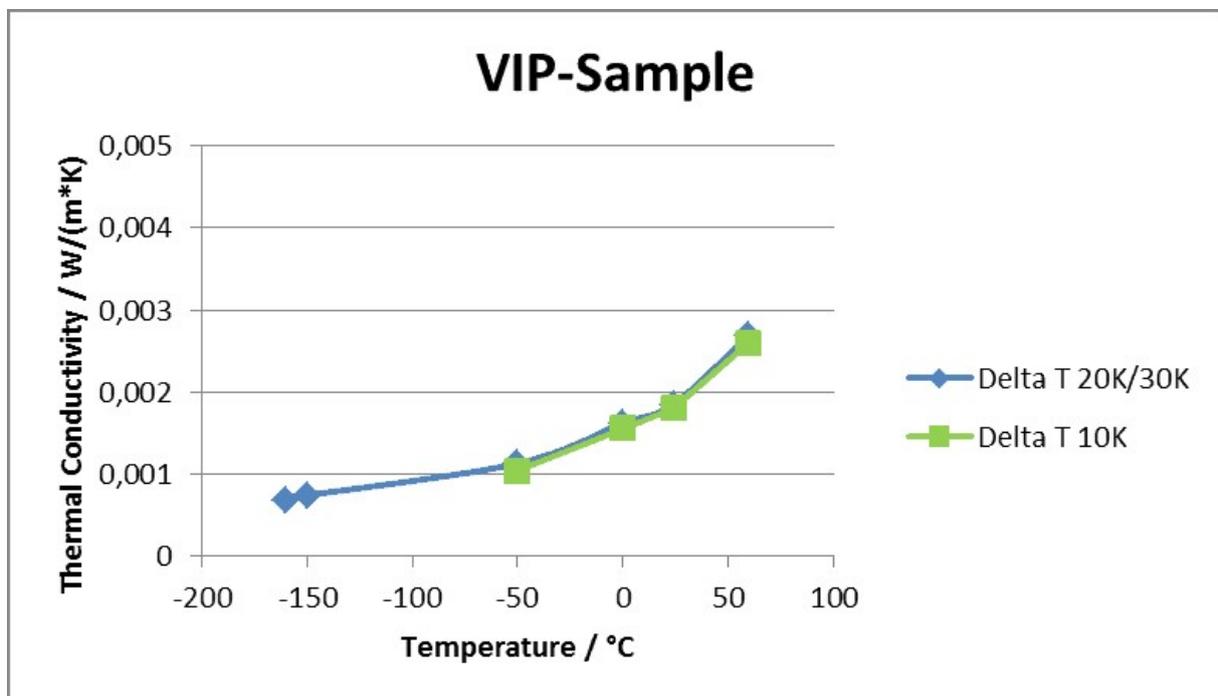


Figura 3. Valores de conductividad térmica de un panel de aislamiento al vacío en el rango de temperaturas comprendidas entre -160°C y 60°C. FUENTE: Netzsch

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción



Figura 4. Paneles de aislamiento rellenos de gas (FGP). FUENTE: Fi-Foil Company

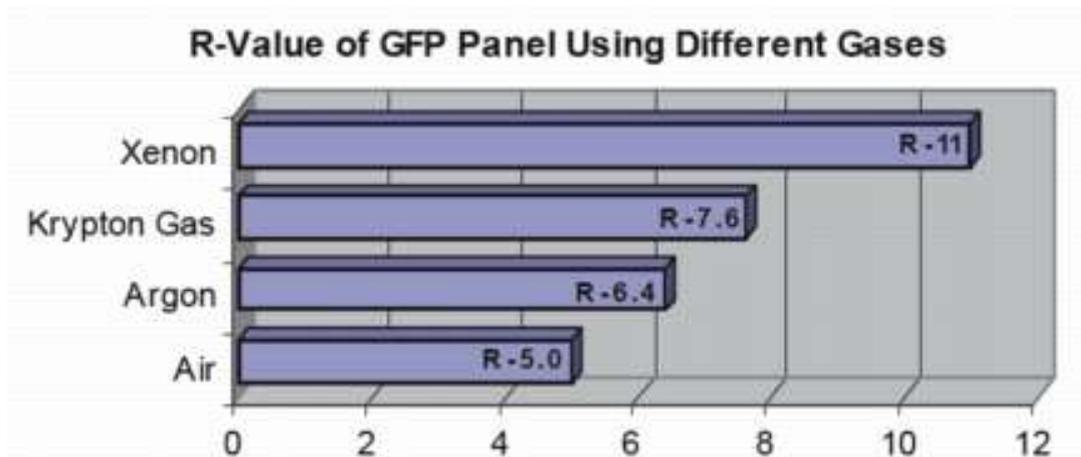


Figura 5. Valores de resistencia térmica para un panel de aislamiento relleno de distintos gases (xenón, criptón, argón y aire) y con un espesor de 3,81 cm. El aislamiento máximo se consigue con xenón. FUENTE: Fi-Foil Company

Un aerogel es un gel ligero (densidad alrededor de 3 kg/m^3) y poroso, en el cual el componente líquido del gel se ha sustituido por un gas. Los aerogeles son aislantes térmicos de última generación, con valores de conductividad que rondan los $0,0016 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ en el caso de los de sílice y sus densidad cuando se usan en edificios suele ser de 70 a 150 kg/m^3 [D'Alessandro *et al.*, 2016].

Sin embargo, su uso comercial y su disponibilidad son muy limitados, debido a los elevados costes de producción y a la complejidad de ésta [Pelle, 2011]. Además, se desconocen los efectos tóxicos o cancerígenos de los aerogeles de sílice, que son los más usados, y producen irritación en los ojos, en la piel, en el aparato respiratorio y en el digestivo. Por ello, las personas que manipulan este material deben usar equipo de protección apropiados.

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción



Figura 6. Aerogel para aislamiento en edificios. FUENTE: Aspen Aerogels



Figura 7. Dos ejemplos de aislamiento mediante aerogel traslúcido como una solución de elevado aislamiento para luz diurna. FUENTE: Baetens, Jelle y Gustavsen (2011)

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

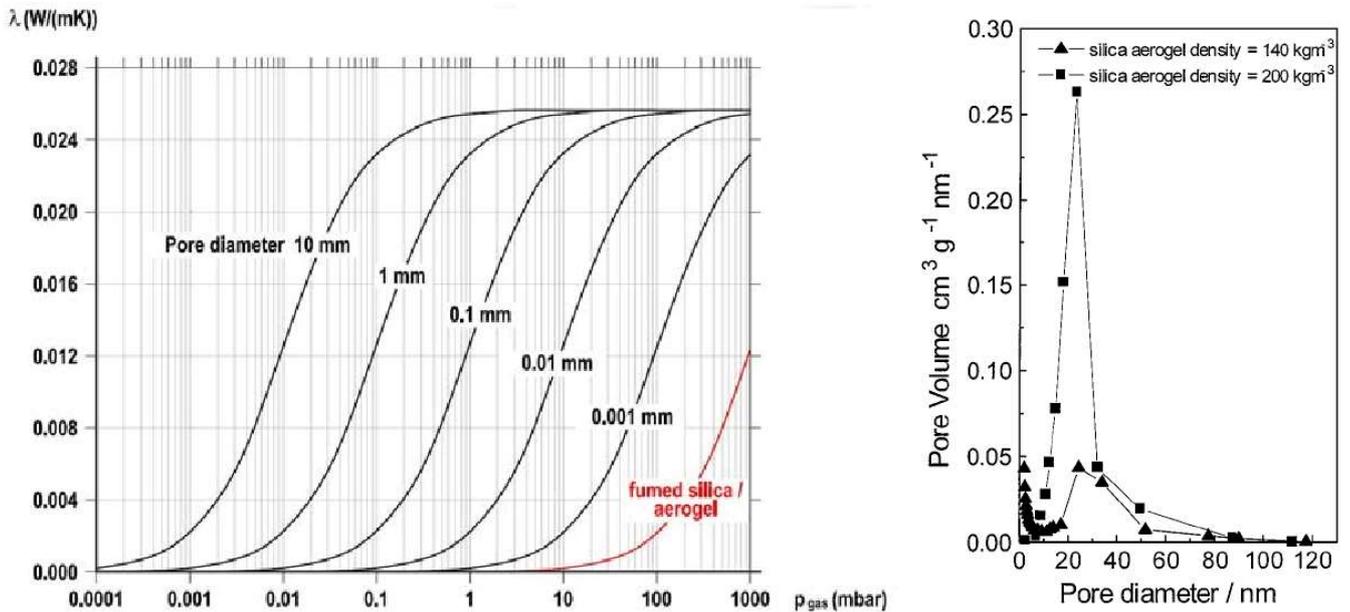


Figura 8. Izquierda: conductividad térmica del aire como una función de la presión del aire y del diámetro medio del poro del medio. El pequeño tamaño del poro del aerogel reduce la conductividad gaseosa incluso a una presión atmosférica de 1 bar. Derecha: Distribución del tamaño de poro de aerogeles de sílice. FUENTE: Baetens, Jelle y Gustavsen (2011)

Los GFP (paneles rellenos de gas) y los PCM (materiales de cambio de fase) presentan bajos valores de conductividad térmica: $0,013 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ y $0,004 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, respectivamente. Mientras que los GFP están hechos de una estructura reflectante que contiene un gas aislado del ambiente exterior por una envoltura lo más impermeable posible [Abu-Jdayil *et al.*, 2019], los PCM almacenan y liberan calor a medida que cambia la temperatura, pues pasan de estado sólido a líquido cuando se calientan y pasan a un estado sólido cuando la temperatura ambiente desciende ([D'Alessandro *et al.*, 2016] y [Pelle, 2011]).



Figura 9. Material de cambio de fase (PCM). FUENTE: Phase Change Energy Solutions

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

A partir de datos de numerosas publicaciones, la tabla siguiente muestra la clasificación de los materiales de aislamiento de uso común y sus rangos habituales de conductividad térmica.

Tabla 1. Clasificación de los materiales de aislamiento de uso común y sus rangos habituales de conductividad térmica
FUENTE: Hung Anh y Pásztorj (2021)

Table 1

Classification of the commonly used insulation materials and uncertainty about their thermal conductivity.

Main group	Subgroup	Insulation Material	Temperature (°C)	Density (kg/m ³)	Thermal conductivity (W/(m.K))	
Inorganic	Fibrous	Glass wool	-100-500	13-100	0.03-0.045	
		Rock wool	-100-750	30-180	0.033-0.045	
	Cellular	Calcium silicate	300	115-300	0.045-0.065	
		Cellular glass	-260-430	115-220	0.04-0.06	
		Vermiculite	700-1600	70-160	0.046-0.07	
Organic	Foamed	Ceramic	N.A.	120-560	0.03-0.07	
		EPS	-80-80	15-35	0.035-0.04	
		XPS	-60-75	25-45	0.03-0.04	
		PUR	-50-120	30-100	0.024-0.03	
	Foamed, expanded	PIR	-20-100	30-45	0.018-0.028	
		Cork	110-120	110-170	0.037-0.050	
		Melamine foam	N.A.	8-11	0.035	
		Phenolic foam	150	40-160	0.022-0.04	
		Polyethylene foam	-40-105	25-45	0.033	
		Fibrous	Fiberglass	-4-350	24-112	0.033-0.04
	Combined	Boards	Sheep wool	130-150	25-30	0.04-0.045
			Cotton	100	20-60	0.035-0.06
			Cellulose fibers	60	30-80	0.04-0.045
			Jute	N.A.	35-100	0.038-0.055
			Rice straw	24	154-168	0.046-0.056
			Hemp	100-120	20-68	0.04-0.05
			Bagasse	160-200	70-350	0.046-0.055
			Coconut	180-220	70-125	0.04-0.05
			Flax	N.A.	20-80	0.03-0.045
			Advanced materials	Boards	Gypsum foam	N.A.
Wood wool	110-180	350-600			0.09	
Wood fibers	110	30-270			0.04-0.09	
Advanced materials	Boards	VIPs	N.A.	150-300	0.002-0.008	
		Aerogel	N.A.	60-80	0.013-0.014	

3.3 Factores que influyen en la conducción calorífica de los aislantes

La conducción de calor de un aislante resulta fuertemente influenciada por varios factores: la temperatura, contenido de humedad, densidad, tiempo de envejecimiento, junto con otros factores secundarios como puede ser la naturaleza y la microestructura del componente sólido, velocidad de la superficie del aire, prensado y espesor de la muestra [Hung Anh y Pásztorj, 2021].

La mayoría de los materiales aislantes para la construcción son normalmente porosos y su coeficiente de conductividad térmica suele oscilar entre 0,02 y 0,08 W/(m·K) [Wang et al., 2018]. Debido a su alta porosidad, los materiales porosos pueden absorber grandes cantidades de agua en condiciones de alta humedad, lo cual aumenta el coeficiente de conductividad térmica [Ochs, Heidemann y Müller-Steinhagen, 2008].

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

Recopilando información de estudios publicados, la siguiente figura muestra una comparación de la conductividad térmica y densidad en los materiales más comunes de aislamiento de edificios.

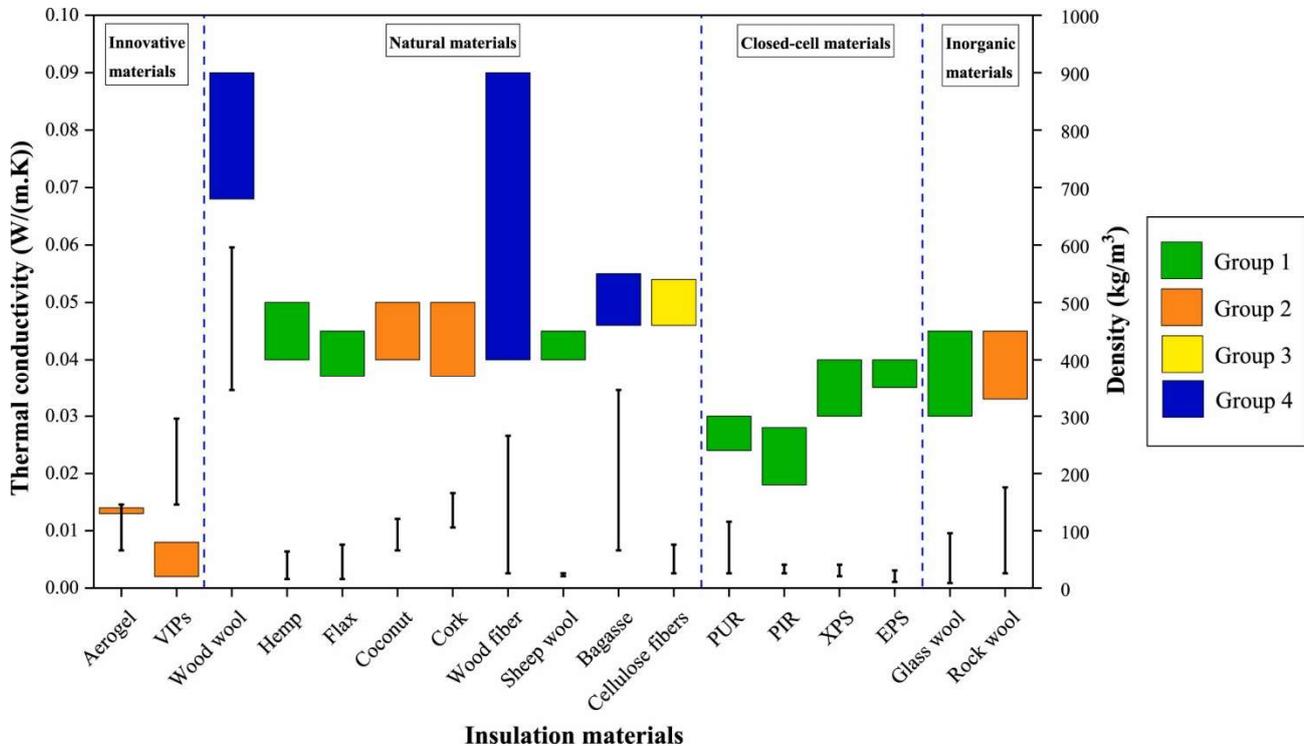


Figura 10. Comparativa de la conductividad térmica y densidad en materiales aislantes comunes. FUENTE: Hung Anh y Pásztorly (2021)

Los materiales del primer grupo se caracterizan por su baja conductividad térmica (por debajo de 0,05 W/(m·K)) y baja densidad (inferiores a 100 kg/m³). Estos serían en principio los más empleados en construcción. No obstante, los del segundo grupo (aerogeles y paneles VIP) presentan también baja conductividad térmica, pero con mayor densidad que los primeros. Los materiales del cuarto grupo poseen los mayores valores de conductividad térmica y densidad.

A continuación, la figura 10 muestra una comparativa de los grupos de materiales de construcción aislantes teniendo en cuenta la variación de la conductividad térmica con el aumento de la temperatura entre -10 y 50 °C. Debe destacarse que los materiales aislantes fibrosos como la fibra de vidrio, fibras de cáñamo, fibras de lino, fibras de celulosa o lana, normalmente son más afectados por la temperatura que otros materiales aislantes.

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

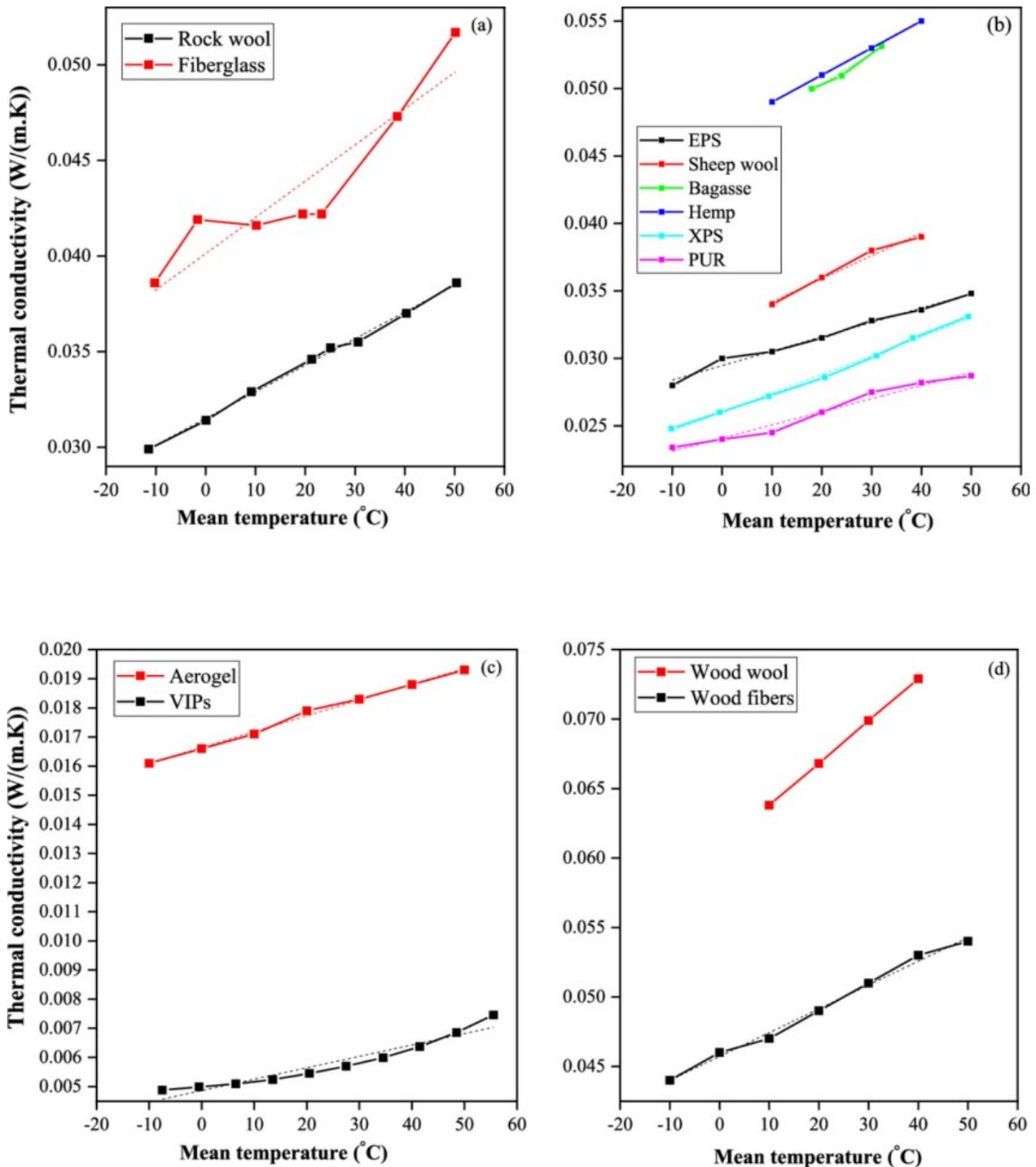


Figura 11. Efecto de la temperatura media sobre la conductividad térmica de varios materiales aislantes de construcción: (a) materiales inorgánicos; (b) materiales orgánicos; (c) materiales avanzados; (d) materiales combinados. FUENTE: Hung Anh y Pásztor (2021)

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

A su vez, los materiales con densidades más bajas muestran una mayor conductividad térmica en relación con el aumento de la temperatura; es decir, la baja densidad implica un gran volumen de poros y mucho más contenido de aire, lo que provoca un mayor efecto de la temperatura en relación con los valores de conductividad [Pfundstein *et al.*, 2021]. En este sentido, son determinantes en el aumento la conductividad térmica los valores elevados de temperatura, el contenido de humedad y el tiempo de envejecimiento.

La figura 12 muestra la variación de la conductividad térmica con el aumento del contenido de humedad. El aumento significativo de la conductividad en los materiales aislantes fibrosos se debe a su estructura porosa y a la gran acumulación de humedad a la adsorción del aire, que se ve por tanto afectada también por la distribución de la temperatura.



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

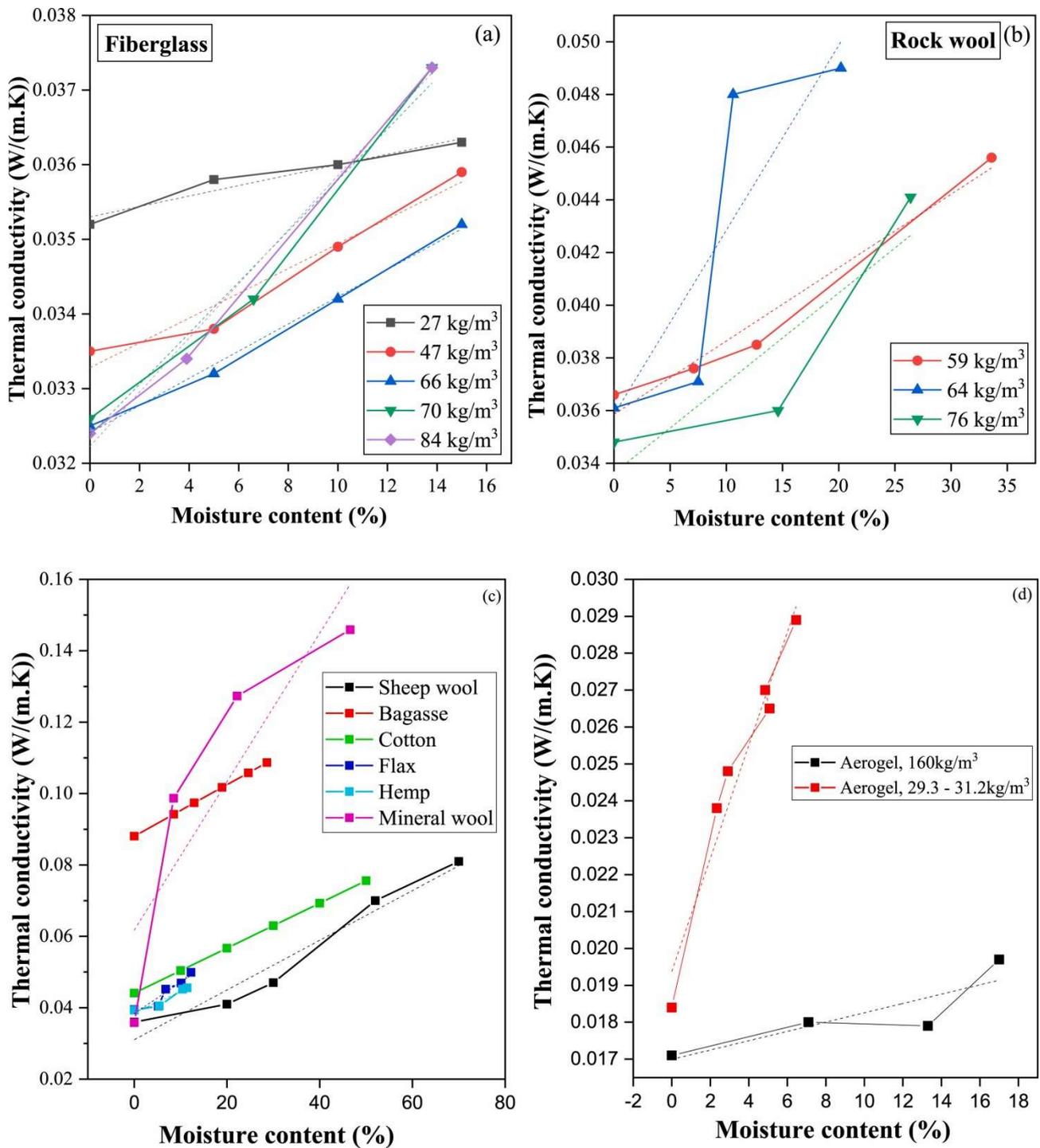


Figura 12. Efecto del contenido de humedad sobre la conductividad térmica de varios materiales aislantes de construcción: (a) fibra de vidrio; (b) lana de roca; (c) materiales naturales; (d) aerogel. FUENTE: Hung Anh y Pásztor (2021)

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

3.4 Fichas técnicas resumen de los materiales aislantes analizados

Se analizaron materiales aislantes avanzados desarrollados recientemente, materiales aislantes ya conocidos en cuyos procesos de producción ha habido investigaciones o avances tecnológicos o medioambientales en los últimos años, materiales en desarrollo y proyectos de investigación relacionados con la innovación en materiales aislantes. Además, se determinaron posibles usos en construcción/rehabilitación de aquellos materiales aislantes de mayor interés.

Los principales resultados se recopilan en las siguientes **fichas técnicas resumen de las propiedades y características de los materiales**, en las que se incluyen sus posibles usos en construcción y rehabilitación.



**GENERALITAT
VALENCIANA**

iVACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

NOMBRE	Lana de roca
DESCRIPCIÓN	<p>La lana de roca, también llamada lana mineral, es un mineral inorgánico fibroso fabricado a partir de roca volcánica fundida, que a menudo debe extraerse mediante minería abierta. Aunque su origen es natural, el proceso de producción conlleva un elevado gasto de energía, producida en un proceso por chorro de vapor y enfriamiento de vidrio fundido. Para formarse la lana, debe calentarse la roca a 1.600 °C, centrifugarla para extraer las fibras y añadirse un aglomerante, que suele ser formaldehído.</p> <p>Se caracteriza por ser un material suelto y voluminoso y requiere un espacio de almacenamiento.</p> <p>Los desechos de lana de roca pueden reciclarse para la obtención de un material sustitutivo como pueden ser los compuestos a base de cemento. Se han realizado muchos esfuerzos para incorporarlos en subproductos industriales, tales como en cenizas volantes, humos de sílice y escoria molida granulada de alto horno, empleados en construcciones civiles durante muchos años.</p>
IMAGEN DEL MATERIAL	 <p>Fuente: EU Today</p>

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción



Fuente: PROVAISER

IMÁGENES DEL MATERIAL EN USO



Aislamiento de una fachada mediante lana de roca. Fuente: ULMA ARCHITECTURAL SOLUTIONS



**GENERALITAT
VALENCIANA**

ivACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

	 <p>Fachada terminada de un edificio muy alto en la ciudad de Quebec (Canadá), en la que quedan a la vista las zonas aisladas mediante tableros semirígidos de lana de roca. Por su gran altura, fue necesaria una protección excepcional frente a posibles incendios.</p> <p>Fuente: ROCKWOOL North America</p>
PRINCIPALES PROPIEDADES	<ul style="list-style-type: none">-Densidad (kg/m^3): 20 - 200-Conductividad térmica ($\text{W/m}\cdot\text{K}$): 0,03 – 0,05-Resistencia mecánica: Muy baja <ul style="list-style-type: none">-Calor específico ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$): 1.030-Absorción del agua (kg/m^2): 3,00-Reacción al fuego (Euroclases): AaB-Resistencia a tracción (kPa): 5-50 según fijación-Resistencia a cortante (kPa): 7,5-15-Resistencia a flexión (kPa): 7,5-15-Coste energético (MJ/kg): 15-25-Emisiones CO_2 (kgCO_2/kg): 2,87
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none">• Tiene bajo precio.• Es fácil de montar, ya que tiene una forma simple que le permite colocarse en diferentes disposiciones.• Proporciona buen aislamiento debido a su baja conductividad térmica.• Presenta mucha resistencia a la humedad.• Es ignífugo y soporta altas temperaturas. En caso de incendio, limita y retrasa la



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

	<p>propagación de las llamas sin generar humo ni gases nocivos. Ofrece protección pasiva contra el fuego, lo que permite ganar en seguridad.</p> <ul style="list-style-type: none">• Tiene una gran versatilidad en cuanto a uso. La lana de vidrio puede usarse en proyectos residenciales, comerciales e industriales, así como en exteriores, techos, paredes y suelos interiores.• Por sus propiedades hidrófugas es muy resistente al agua. No se humedece y evita la aparición de hongos, moho u otros focos bacterianos.• Tiene baja densidad.• A pesar de sus numerosos inconvenientes medioambientales, es uno de los mejores aislantes que existen actualmente por las propiedades que posee.
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none">• Su materia prima (roca basáltica) es no renovable.• Resulta menos económico que otras opciones.• Resulta perjudicial para el medioambiente por la gran cantidad de energía que requiere su producción y por el impacto ambiental de explotaciones mineras a cielo abierto.• También resulta perjudicial para el medioambiente debido a los problemas que conlleva en los procesos de eliminación/reciclado. Por tanto, resulta difícil el cumplimiento de las directrices y legislaciones medioambientales, cada vez más exigentes.• A pesar de las numerosas investigaciones recientes que intentan aprovechar los residuos de la lana de roca, su impacto medioambiental sigue siendo elevado.• Durante su fabricación, instalación y manipulación, se desprenden diminutos cristales respirables que penetran en la piel de los trabajadores, si bien este inconveniente puede resolverse con la vestimenta industrial adecuada (guantes, mascarilla y gafas de seguridad).• El aglomerante utilizado en su fabricación suele ser formaldehído, un componente peligroso para la salud humana a partir de cierta concentración.• Las fibras minerales de las que se compone la lana de roca son lo bastante pequeñas para ser respirables y llegar a los pulmones.• Aunque no es inflamable, la exposición a altas temperaturas conducen gradualmente a su descomposición, y es peligroso tener fuentes de calor próximas al material.• Su resistencia mecánica es baja, y por sí solo no puede usarse de ninguna manera como material estructural.
POSIBLES USOS EN CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN	<p>La lana de roca se utiliza con frecuencia para aislamiento térmico y acústico, protección contra incendios, refuerzos de cemento, aislamiento de tuberías, e incluso como suelo sintético para el cultivo de plantas.</p> <p>Uno de sus usos principales es como aislante acústico en tabiques, interiores y techos de placa de yeso laminado para evitar la transmisión de ruido y mitigar las reverberaciones de sonido en edificaciones.</p> <p>Es posible utilizar este material en cualquier superficie plana, en fachadas ventiladas y dentro de un sistema SATE.</p>



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

NOMBRE	Lana de vidrio
DESCRIPCIÓN	<p>La lana de vidrio, también conocida como fibra de vidrio o lana de fibra de vidrio, se produce a partir de vidrio de borosilicato fundido. Se compone de una mezcla de arena natural, piedra caliza, soda y bórax. Estos aditivos y vidrio reciclado se calientan hasta unos 1.450°C, y mediante centrifugación se consigue extraer unas fibras que dan lugar al material aislante.</p> <p>En los últimos años, en el proceso de producción se está utilizando cada vez más cantidades de vidrio reciclado, hasta en un 90%, y el resto son los aditivos: arena, piedra caliza, soda y bórax. Para lograr las propiedades requeridas de la lana mineral, la cantidad de aglutinante y adhesivo es variable. La cantidad de aglutinante confiere a la lana mineral sus propiedades de resistencia.</p>
IMAGEN DEL MATERIAL	 <p>Fuente: CIR62</p>



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción



Aislamiento de un muro interior mediante lana de vidrio. Fuente: <https://www.plack.com.br>

IMÁGENES DEL MATERIAL EN USO



Aislamiento de una fachada mediante lana de vidrio. Fuente: 123rf.com



**GENERALITAT
VALENCIANA**

iVACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

	 <p>Aislamiento parcial de una fachada mediante lana de vidrio. Fuente: 123rf.com</p>
PRINCIPALES PROPIEDADES	<p>-Densidad (kg/m^3): 17 -Conductividad térmica ($\text{W/m}\cdot\text{K}$): 0,04 -Resistencia mecánica: Muy baja (despreciable)</p> <p>-Calor específico ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$): 800 -Absorción de agua (kg/m^2): <1 -Reacción al fuego (Euroclases): A1</p>
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none">• Aunque la fibra de vidrio no es renovable, sí es reciclable.• Proporciona buen aislamiento debido a su baja conductividad térmica.• También proporciona un buen aislamiento acústico.• Tiene baja densidad.• No se degrada con el tiempo.• Es ignífugo y soporta altas temperaturas. En caso de incendio, limita y retrasa la propagación de las llamas sin generar humo ni gases nocivos. Ofrece protección pasiva contra el fuego, lo que permite ganar en seguridad.• Tiene una gran versatilidad en cuanto a uso. La lana de vidrio puede usarse en proyectos residenciales, comerciales e industriales, así como en exteriores, techos, paredes y suelos interiores.• La lana de vidrio es un material que repele la humedad, por lo que reduce los problemas de condensación y se mantiene inalterable ante cualquier otra filtración de agua, provocada tanto de manera accidental como por la lluvia.



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none">• Sus materias primas no son renovables.• Su producción tiene un elevado impacto medioambiental y requiere mucha energía. El proceso productivo necesita llevar el material a muy altas temperaturas para conseguir finalmente el producto aislante.• No obstante las recientes mejoras en su producción a fin de utilizar mayores cantidades de vidrio reciclado, su impacto medioambiental sigue siendo elevado.• Las fibras de vidrio irritan los ojos, la piel y el sistema respiratorio. Los posibles síntomas son los siguientes: irritación de los ojos, la piel, la nariz y la garganta, ronquera, tos, dolor de garganta y disnea (dificultad para respirar). Por el momento, la bibliografía científica asegura que la lana de vidrio es segura de fabricar, instalar y usar, siempre y cuando se siguen las prácticas de trabajo recomendadas para reducir la irritación mecánica temporal.• A pesar de su resistencia a la humedad, la lana de vidrio acumula pequeñas cantidades de humedad en condiciones de saturación o de alta humedad (96% o superior), lo que puede producir crecimiento moderado de mohos.• Necesita combinarse con otros materiales para darle consistencia, por lo que es recomendable acudir a profesionales especializados para su instalación.• Su resistencia mecánica es baja, y por sí solo no puede usarse de ninguna manera como material estructural.
POSIBLES USOS EN CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN	<p>La lana de vidrio se utiliza con frecuencia para aislamiento térmico y acústico, protección contra incendios y aislamiento de tuberías y de conductos de aire acondicionado.</p> <p>Sus aplicaciones más frecuentes en edificación residencial son las siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none">a) Cerramientos verticalesb) Cubierta inclinadac) Divisorias interiores y techosd) Conductos de aire acondicionadoe) Aislamiento acústico para suelosf) Aislamiento acústico para falsos techos <p>Sus aplicaciones más frecuentes en construcción industrial son las siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none">a) Cubiertas y fachadas de doble chapa metálicab) Divisiones interioresc) Aislamiento de techosd) Conductos de aire acondicionadoe) Aislamiento de conductos de aire acondicionado <p>Además, puede adaptarse a cualquier superficie plana, sobre todo cuando se presenta</p>



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

	en formato rollo de color amarillo, que es mucho más manejable. Puede usarse también en fachadas ventiladas y dentro de sistemas SATE.
--	--



**GENERALITAT
VALENCIANA**



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

NOMBRE	Lana de escoria
DESCRIPCIÓN	<p>La lana de escoria está hecha de escorias de altos hornos, un residuo de la producción de acero. Puede contener cantidades considerables de hierro, manganeso, sulfato de calcio, etc., dependiendo del tipo de escoria a partir de la cual se fabrica. Principalmente puede contener óxido de silicio (20-30%), óxido de aluminio (20-36%) y óxido de magnesio (15-36%).</p> <p>La forma tradicional de fabricar lana de escoria es a partir de las materias primas masivas; principalmente basalto, diabasa, piedra caliza y dolomita. El consumo total de carbón necesario para fusionar las materias primas resulta considerable. Se calcula en el rango de 350 a 800 kg/tonelada dependiendo de la tecnología particular adoptada.</p> <p>Los minerales de hierro o voladura de babosas de alto horno se funden y se hilan en fibras vertiendo el material fundido en una hiladora de ruedas y mezclando las fibras con un aglutinante y un agente de desempolvado. Las fibras se alargan por chorro de aire, vapor o llama. A su vez, no son combustibles y tienen un punto de fusión superior a 1.100 °C, y por tanto pueden usarse para la protección contra el fuego.</p>
IMAGEN DEL MATERIAL	 <p>Escoria de altos hornos en forma granulada. Fuente: New Era</p>



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

<p>IMAGEN DEL MATERIAL EN USO</p>	 <p>Paneles de lana de escoria en un edificio. Fuente: PROJISO</p>
<p>PRINCIPALES PROPIEDADES</p>	<ul style="list-style-type: none">-Densidad (kg/m^3): 30-200-Conductividad térmica ($\text{W/m}\cdot\text{K}$): 0,046-Resistencia mecánica: baja
<p>VENTAJAS</p>	<ul style="list-style-type: none">• Tiene baja densidad.• Presenta mucha resistencia a la humedad.• Es económico.• Es fácil de montar, ya que tiene una forma simple que le permite colocarse en diferentes disposiciones.• Proporciona buen aislamiento debido a su baja conductividad térmica.• Es ignífugo y soporta altas temperaturas. En caso de incendio, limita y retrasa la propagación de las llamas sin generar humo ni gases nocivos. Ofrece protección pasiva contra el fuego, lo que permite ganar en seguridad.• Tiene una gran versatilidad en cuanto a uso. La lana de escoria puede usarse en proyectos residenciales, comerciales e industriales, así como en exteriores, techos, paredes y suelos interiores.• Por sus propiedades hidrófugas es muy resistente al agua. No se humedece y evita la aparición de hongos, moho u otros focos bacterianos.

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none">• Su materia prima es no renovable.• Resulta perjudicial para el medioambiente por la gran cantidad de energía que requiere su producción (se necesitan fundir las materias primas a 1.550°C), tanto en carbón como en electricidad, y por el impacto ambiental de explotaciones mineras a cielo abierto.• También resulta perjudicial para el medioambiente debido a los problemas que conlleva en los procesos de eliminación/reciclado. Por tanto resulta difícil el cumplimiento de las directrices y legislaciones medioambientales, cada vez más exigentes.• A pesar de las investigaciones recientes para disminuir la energía necesaria para su producción, ninguna ha producido por el momento una reducción significativa de ésta.• Durante su fabricación, en la quema de carbón durante el proceso de horno tradicional, se emiten gases residuales perjudiciales para el ser humano (SO₂ y NO_x).• Su resistencia mecánica es baja, y por sí solo no puede usarse de ninguna manera como material estructural.
POSIBLES USOS EN CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN	<p>Actualmente, la lana de escoria de altos hornos representa más del 50% del mercado en Europa de materiales aislantes.</p> <p>Su ámbito de aplicación radica sobre todo en la industria y en la ingeniería civil, por su combinación de alta capacidad de aislamiento térmico y de resistencia al fuego.</p>

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

NOMBRE	Espumas de origen petroquímico
DESCRIPCIÓN	<p>Las espumas poliméricas son materiales que consisten en una fase sólida y una fase gaseosa. Son de muy fácil disponibilidad en el mercado. Posiblemente la clase más importante de espumas poliméricas son las espumas de poliuretano (PUF), por su baja densidad y conductividad térmica.</p> <p>Las espumas poliméricas pueden ser rígidas, flexibles o elastoméricas y se pueden producir a partir de una amplia gama de polímeros, como poliuretano (PU), poliestireno (PS), poliisocianurato (PIR), polietileno (PE), polipropileno (PP), poli(etileno-acetato de vinilo) (EVA), caucho de nitrilo (NBR), poli(cloruro de vinilo) (PVC) u otras poliolefinas.</p> <p>Este tipo de espumas son materiales plásticos originados a partir de una reacción química exotérmica entre dos compuestos químicos, un poliol (grupos OH hidroxilo) y un isocianato (grupo NCO), de la cual se obtiene un enlace de uretano.</p> <p>El resultado final es un material con adecuadas propiedades aislantes, de los más utilizados para aislamiento de superficies. Ahora bien, presenta desventajas medioambientales.</p>
IMÁGENES DEL MATERIAL DURANTE SU APLICACIÓN	 <p>Fuente: CELLSIUS</p>



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

	 <p>Fuente: https://www.economica.net/</p>
PRINCIPALES PROPIEDADES	<p>-Densidad (kg/m³): 20-25 -Conductividad térmica (W/m·K): 0,07 -Resistencia mecánica: baja</p> <p>-Absorción de agua (% volumen): 0,3 -Resistencia tracción (kPa): 110 a 20°C y 180 a -20°C</p>
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none">• Permite una rápida colocación con pistola, puesto que se cubre mucha superficie en muy poco tiempo.• Tiene una conductividad térmica media, pero que está dentro de los valores considerados como aislantes (<0,1 W/m·K).• Su precio es bajo.• Permite un aislamiento sin juntas ni fisuras, que permite evitar los puentes térmicos.• Resulta fácil de utilizar en superficies y geometrías irregulares.• Presenta buena adherencia al sustrato durante su vida útil.• Impermeabiliza la superficie sobre la cual se aplica.

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none">• Por su origen petroquímico, es un material no renovable.• Su producción conlleva un gran consumo de energía.• Su reciclado es costoso.• En caso de combustión, los PUF generan humo muy tóxico, especialmente monóxido de carbono (CO) y cianuro de hidrógeno.• Presenta buena adherencia al sustrato durante su vida útil.• Por su escasa densidad, su resistencia mecánica es prácticamente despreciable.
POSIBLES USOS EN CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN	<p>Este tipo de espumas suelen aplicarse sobre cualquier superficie, incluido aquellas superficies irregulares que no podrían aislarse con otros materiales.</p> <p>Generalmente se emplean para fachadas de edificios o de estructuras que se quieren aislar e impermeabilizar.</p> <p>Existen también otros usos industriales para estas espumas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Embalaje.- Automoción y transporte.- Productos cotidianos (mobiliario, electrónica, calzado, juguetes, contacto alimentario)- Industria aeroespacial.- Materiales de construcción.

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

NOMBRE	Aerogel de sílice
DESCRIPCIÓN	<p>Los aerogeles de sílice se forman creando un gel a partir de una suspensión de partículas en un líquido que se empiezan a agregar entre sí creando una red capilar. El aerogel se genera cuando el líquido es sustituido por aire manteniendo la estructura. Este proceso requiere altos consumos de energía porque se realiza mediante exposición a presión y calor. Además, la sílice es un material no renovable.</p> <p>El aerogel de sílice es un material que necesita de una matriz para poder conseguir una forma y una estructura. Esa matriz puede ser de melamina, fibras de PET (Polietileno de tereftalato), fibras de vidrio, etc. De esta manera se consigue el material aislante de menor conductividad térmica que se ha conseguido producir hasta ahora: 0,016 W/(m·K).</p>
IMAGEN DEL MATERIAL	 <p>Aerogel de sílice. Fuente: INVDES</p>

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

IMÁGENES DEL MATERIAL PARA SU USO



Fuente: Pyrogel



Fuente: energy.gov



**GENERALITAT
VALENCIANA**

ivACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

PRINCIPALES PROPIEDADES	-Densidad (kg/m³): 180 -Conductividad térmica (W/m·K): 0,016 -Resistencia mecánica: baja
	-Absorción de agua (% por peso): 2,25 -Reacción al fuego (Euroclases): A2 -Resistencia a compresión (kPa): 102-183
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none">• Es el material sólido conocido más aislante. Su conductividad térmica es extremadamente baja.• Es un material ignífugo, debido a su alto aislamiento térmico.• Puede utilizarse para conseguir aislamientos excepcionales que ningún otro material puede alcanzar, y esto lo hace muy interesante para algunos usos muy concretos.• Repele el agua y el vapor de agua.
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none">• Tiene un impacto medioambiental elevado por dos motivos: su proceso de elaboración (se necesita calor y presión en elevadas cantidades, lo que implica un alto coste energético); su materia prima principal (sílice) no es renovable.• Tiene un precio muy elevado por la complejidad de su fabricación y por los altos precios de las materias primas que se necesitan en ella.• Si no se combina con otros materiales, por sí mismo es muy frágil.• Es difícil de conseguir, ya que no existe un mercado extenso de venta. Esto se debe a la dificultad de su fabricación y a su elevado coste.• No existe información relevante sobre su reciclado.• Tiene una resistencia mecánica baja, que lo hace inservible como material estructural; y su posible combinación con otros materiales más resistentes no está lo suficientemente investigada aún.
POSIBLES USOS EN CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN	Debido tanto a su compleja producción como a su elevado coste, los posibles usos se limitan a aislamiento de pequeñas superficies que necesiten un aislamiento excepcional como: <ul style="list-style-type: none">- Tuberías de altas temperaturas donde se requieren aislamientos de extraordinaria eficacia.- Sistemas de administración y control de humedad, ya que repele el agua y también el vapor en abierto.



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

NOMBRE	Corcho negro expandido
DESCRIPCIÓN	<p>El corcho es un producto lignocelulósico que procede de la corteza del alcornoque (<i>Quercus suber</i>) que se extrae periódicamente y posteriormente vuelve a crecer. Actúa como aislamiento del árbol y, por tanto, tiene características que lo hacen aislante. Además, debido a ese crecimiento continuo, es un material totalmente renovable y su producción es inocua para el medioambiente.</p> <p>El corcho negro expandido procede del corcho virgen que se tritura en granos, se aglomera en bloque y se corta en planchas; también puede proceder de desperdicios y corchos residuales, o de residuos industriales de otras aplicaciones. Una vez conseguido esto, se prensa en autoclave, inyectando vapor de agua a alta presión (sobre 40 kPa) y temperatura (aproximadamente 300°C), sin uso de adhesivo.</p> <p>De esta manera se consigue que se derrita la suberina, que sirve como aglomerante, y que a su vez se expandan las células del material. Con este procedimiento se logra finalmente un material con baja densidad (debido a su estructura celular hueca, pequeñas celdas y paredes celulares delgadas) y con buenas propiedades de aislamiento térmico.</p> <p>La suberina es un polímero natural presente en las paredes celulares de las partes subterráneas de las plantas pero también aparece en las células del corcho de la peridermis (parte muerta del corcho o corteza). Es similar a la resina porque realiza la función de protección en esas partes de dichos organismos y, a su vez, puede cumplir esa función de adhesivo.</p>
IMÁGENES DEL MATERIAL	 <p>Fuente: La Sureda Cork</p>



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción



Fuente: ROBCORK Ibérica

IMÁGENES DEL MATERIAL EN USO



Fuente: BriCork



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción



Aislamiento de una cubierta mediante tableros de corcho negro expandido. Fuente: CORCHO Center



Aislamiento de una pared mediante tableros de corcho negro expandido. Fuente: CORCHO Center



**GENERALITAT
VALENCIANA**

iVACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

PRINCIPALES PROPIEDADES	<ul style="list-style-type: none">-Densidad (kg/m^3): 110-120-Conductividad térmica ($\text{W/m}\cdot\text{K}$): 0-04-Resistencia mecánica: baja
	<ul style="list-style-type: none">-Calor específico ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$): 1.600-Reacción al fuego (Euroclases): E-Resistencia compresión (kPa): 98-Resistencia flexión (kPa): 164-Resistencia perpendicular a las caras: TR-50-Nivel de humedad: máxima 8 %-Absorción de agua: $0,5 \text{ kg/m}^2$
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none">• Es un material completamente sostenible (natural, renovable, reciclable), que no necesita de adhesivo para su cohesión porque cuando se le aplica presión y temperatura, la suberina se derrite y sirve de aglomerante. Por este motivo, es un material doblemente sostenible, ya que no necesita de un adhesivo industrial para dicha cohesión.• Tiene fácil disponibilidad.• Es un producto local (Sierra de Espadán, Cataluña, etc.) que, por un lado, crea empleo entre las PYMEs valencianas y, por otro, utiliza una materia prima que produce menos cantidad de CO_2 en su transporte.• Presenta una conductividad térmica baja.• Resulta fácil de trabajar, pues puede cortarse con cualquier tipo de sierra o corte.• Las características de este material permiten la transpiración entre superficies, lo que impide las condensaciones de agua y, por tanto, la proliferación de hongos.• No transmite la electricidad, lo que implica una seguridad mayor en las estancias en las que se utilice.• El proceso productivo es sencillo, y está al alcance de la mayoría de las PYMEs.
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none">• Su producción requiere cierto gasto energético (presión y calor en autoclave), muy inferior al necesario para producir lana de roca, lana de escoria o lana de vidrio.• Presenta baja resistencia mecánica. Pese a tener una estructura rígida que sirve para sostenerse sobre sí mismo, no puede satisfacer una función estructural por sí solo. Ahora bien, puede combinarse con otros materiales para conseguir productos finales con buen aislamiento térmico y buena resistencia mecánica.



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

<p>POSIBLES USOS EN CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN</p>	<p>Por su facilidad en su fabricación, así como su posterior puesta en obra, es posible su utilización en cualquier superficie plana.</p> <p>Habitualmente, las láminas de corcho negro expandido se introducen dentro de un sistema SATE o de paneles sándwich. El objetivo final es crear una lámina más aislante que el exterior que produzca un cambio de fase, y de esta manera conseguir el aislamiento deseado.</p> <p>Los fines aislantes del corcho son varios:</p> <ul style="list-style-type: none">- Aislamiento térmico.- Aislamiento acústico.- Aislamiento de sonidos específicos.- Impermeabilización.
--	---



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

NOMBRE	Tableros de madera
DESCRIPCIÓN	<p>Los tableros de madera son materiales con buen aislamiento térmico que no resultan perjudiciales para el medioambiente, aunque su conductividad térmica varía considerablemente dependiendo de la especie de madera especie, espesor y humedad.</p> <p>La madera y demás materiales celulósicos son malos conductores del calor debido a que estos cuerpos tienen escasez de electrones libres, que son los responsables de una fácil transmisión de esta forma de energía (lo contrario de lo que ocurre en los metales), y también debido a que la madera y sus productos derivados son cuerpos porosos y por consiguiente su amplitud conductora tiene un valor intermedio entre los de sus componentes sólidos y los del aire contenido en los poros.</p> <p>En cuanto a la dirección de la fibra, al ser la madera un cuerpo fibroso y poroso se necesita indicar la dirección de propagación del flujo calorífico y por consiguiente si la conductividad térmica se refiere a la dirección normal a la fibra o paralela a ella.</p> <p>Se ha comprobado que la conductividad térmica es de 2,0 a 2,8 veces mayor en la dirección paralela a la fibra que en la dirección normal. Teniendo en cuenta que la utilización práctica de la madera, el flujo de calor incide en la inmensa mayoría de los casos, en la dirección normal a las fibras, el coeficiente que se considera corrientemente es el de esta dirección.</p>
IMAGEN TABLERO DE ROBLE	 <p>Fuente: https://factoriacentral.com/</p>

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

IMAGEN TABLERO DE PINO



Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.mx/>

IMAGEN TABLERO PAULOWNIA



Fuente: iPaulownia



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

IMAGEN TABLERO CHOPO



Fuente: Garnica

IMAGEN DE TABLERO DE MADERA EN USO



Fuente: Arch Daily



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

PRINCIPALES PROPIEDADES	Especie	Densidad (kg/m³)	Conductividad térmica (W/m·K)	Resistencia mecánica
	Roble	710	0,16-0,19	Muy alta
	Pino	450-550	0,137	Alta
	Paulownia	275-300	0,077	
	Chopo	350-400	0,082	
	5 láminas de paulownia	275	0,077	
	3 láminas interiores de paulownia y 2 exteriores de pino	368	0,088	
	2 láminas exteriores y una centra de pino y 2 intermedias de paulownia	430	0,101	
	5 láminas de pino	556	0,115	
Especie	Resistencia a compresión (N/mm²)	Resistencia a flexión (N/mm²)		
Roble	Pendiente	83,74		
5 láminas de paulownia	11,4	Pendiente		
3 láminas interiores de paulownia y 2 exteriores de pino	13,1	Pendiente		
2 láminas exteriores y una centra de pino y 2 intermedias de paulownia	11,9	Pendiente		
5 láminas de pino	21,4	Pendiente		



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

<p>VENTAJAS</p>	<ul style="list-style-type: none">• Los tableros de madera son totalmente sostenibles (renovable, reciclable y reutilizable), y apenas se requiere energía para su producción.• Fijan CO₂ atmosférico, ya que los árboles recogen el CO₂ y lo almacenan en la madera. De esta manera, al emplear como material la madera, ese CO₂ se fija en el material y se mantiene ahí, evitando así que llegue a la atmósfera.• En relación al punto anterior, la materia prima puede obtenerse de producción local, lo que disminuye en gran medida el CO₂ producido por el transporte y los gastos de transporte. Por las características de la vertiente mediterránea, esa producción local se refiere solamente a especies como pino (producción en monte) o paulownia y chopo (producción como cultivo). El roble no se produce localmente, ya que procede del País Vasco y Navarra, principalmente.• La materia prima es fácil de procesar. Por ello, la producción de este material está al alcance de las PYMEs valencianas y proporciona recursos y puestos de trabajo locales.• Los tableros presentan resistencia mecánica media o alta, dependiendo de las especies usadas y de los espesores, y por tanto tienen función estructural.• Esa función estructural, uniéndola con otro material que sea mucho más aislante, puede dar lugar a una combinación que sea estructural y aislante a la vez. Esto ocurre si se pone como núcleo de un panel sándwich o similar un material suficientemente aislante; y de recubrimientos exteriores, tableros de madera.• En las maderas de baja densidad, la conductividad térmica es también baja. En el caso de las maderas densas, pueden conseguirse productos de baja conductividad si se combina adecuadamente con maderas de baja densidad o con otros materiales aislantes.• Por otro lado, cumplen una función estética en el caso de que queden a la vista, que cualquier otro material aislante no podría lograr.
<p>INCONVENIENTES</p>	<ul style="list-style-type: none">• Las maderas más densas (roble, por ejemplo) presentan conductividades térmicas demasiado altas para ser consideradas aislantes. Aún así, pueden usarse para conseguir productos aislantes si se combinan adecuadamente con maderas de baja densidad o con otros materiales aislantes.• Sus precios son relativamente más elevados que los de materiales como la lana de roca o la lana de vidrio, aunque éstos últimos carecen de función estructural. Sin embargo, los tableros de madera son mucho más económicos que aislantes como los aerogeles de sílice.• En algunos casos, pueden requerir protección frente al fuego, dependiendo de la especie de madera y del espesor del tablero.



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

<p>POSIBLES USOS EN CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN</p>	<p>Existen multitud de usos que puede dárseles a los tableros de madera, ya que tienen gran facilidad de corte a la medida requerida.</p> <p>Entre ellos se encuentran los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">- En sistemas SATE o paneles sándwich, pueden formar parte de las capas exteriores si se combinan con aislantes interiores de otro tipo, o también pueden formar parte del núcleo si pertenece a algunas de las maderas comentadas como aislantes.- En divisiones entre habitaciones por su aspecto visual, aislamiento térmico y acústico.- En interiores como recubrimientos de paredes, suelos o techos, favoreciendo en ese caso también el aspecto visual del entorno.- Como recubrimiento de fachadas o tejados si se les aplican tratamientos preventivos frente a agentes bióticos y abióticos del medio.
--	---

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

NOMBRE	Fibra de coco
DESCRIPCIÓN	<p>La fibra de coco es una fibra natural extraída del tejido mesocarpio del cocotero, concretamente de las cáscaras de coco (unos 80 g de fibras por cada coco) tratadas para eliminar sus componentes orgánicos putrescibles.</p> <p>Es un material compuesto por celulosa, hemicelulosa y lignina. Físicamente, corresponde a la cáscara de la fruta, se caracteriza por tener un color marrón-dorado después de secarse, tiene una longitud promedio de entre 15 y 25 cm, es un material higroscópico, tiene una alta resistencia mecánica, tiene baja densidad y posee adicionalmente una alta durabilidad natural: no es afectado por la acción de roedores e insectos, no sufre tampoco la acción de los hongos cuando se seca y no se pudre.</p> <p>La fibra de coco es un subproducto de la industria del coco y actualmente se utiliza con fines de combustión o fertilización. El coco se cultiva principalmente en la India, Indonesia y Sri Lanka, por lo que el transporte es el principal factor que influye en los impactos ambientales de estos productos. Sin embargo, debe tenerse en cuenta, que las fibras de coco se producen a partir de subproductos que utilizan una baja cantidad de energía y materiales sintéticos. Comúnmente se agregan retardadores de fuego.</p> <p>En la actualidad, ya están disponibles en el mercado paneles y rollos realizados con fibra de coco con fines de aislamiento térmico y acústico. La conductividad térmica de los paneles y rollos comerciales se encuentran entre 0,04 y 0,05 W/m·K, la densidad entre 50 y 160 kg/m³ y la capacidad calorífica específica se encuentra entre 1,3 y 1,7 kJ/kgK. Algunos productos comerciales tienen un valor declarado de rigidez dinámica de unos 15 MN/m³.</p> <p>El material sobrante se puede reciclar, reutilizar y emplear para la producción de compost.</p>



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

IMÁGENES DEL MATERIAL



Fibras de coco. Fuente: <https://www.elhuertourbano.net/tag/labores-culturales/>



Fibras de coco. Fuente: Barnacork



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

IMÁGENES DEL MATERIAL LISTO PARA SU USO



Estera de fibra de coco. FUENTE: Barnacork



Paneles de fibra de coco. Fuente: Abriga Nature



**GENERALITAT
VALENCIANA**

iVACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

<p>IMAGEN DEL MATERIAL EN USO FINAL</p>	 <p>Aislamiento de un suelo mediante paneles de fibra de coco. Fuente: Barnacork</p>
<p>PRINCIPALES PROPIEDADES</p>	<p>-Densidad (kg/m^3): 100-200 -Conductividad térmica ($\text{W/m}\cdot\text{K}$): 0,04 -Resistencia mecánica: media</p> <p>-Resistencia a tracción (N/mm^2): entre 131 y 200 -Módulo de elasticidad (N/mm^2): entre 4.000 y 6.000</p>
<p>VENTAJAS</p>	<ul style="list-style-type: none">• Es un material totalmente sostenible (renovable, reciclable y reutilizable).• Su procesado apenas requiere energía y se aprovecha un residuo del consumo alimentario del coco.• Tiene baja conductividad térmica.• Tiene alta durabilidad natural. No es afectado por la acción de roedores e insectos; no sufre tampoco la acción de los hongos cuando se seca y no se pudre.
<p>INCONVENIENTES</p>	<ul style="list-style-type: none">• Es un material higroscópico (absorbe humedad del medio), lo que puede causar a cambios en las propiedades del material si no se aísla de manera correcta.• El suministro de es limitado. Es difícil conseguir grandes cantidades de este tipo de material.• No es resistente al fuego, aunque esta limitación se soluciona habitualmente añadiéndole retardadores de fuego.



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

	<ul style="list-style-type: none">• Presenta muy baja resistencia mecánica. Ahora bien, puede combinarse con otros materiales para conseguir productos finales con buen aislamiento térmico y buena resistencia mecánica.• Se necesita más investigación para conseguir tableros mejorados de fibras de coco, en especial para uso en exterior.
POSIBLES USOS EN CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN	<p>En la mayoría de los casos, la forma de emplear este material es en paneles o en rollos:</p> <ul style="list-style-type: none">- En el primer caso es para su introducción dentro de sistemas SATE o sándwich, siendo en ese caso el núcleo del sistema.- En el segundo caso, va desplegándose sobre algún tipo de superficie. En esta situación se emplea sobre todo para el recubrimiento de suelos, fachadas, cubiertas, tejados, etc.



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

NOMBRE	Cáñamo, y cáñamo con paja de trigo
DESCRIPCIÓN	<p>El cáñamo es una fibra textil producida a partir de <i>Cannabis Sativa</i> que se utiliza para aplicaciones de construcción, generalmente mezclada con fibra de poliéster y retardadores de fuego. Estas fibras se han utilizado a lo largo de la historia para fabricar telas, cuerdas, papel, etc. En la actualidad, se estudia su uso como material aislante.</p> <p>La conductividad térmica de los materiales aislantes de cáñamo se sitúa entre 0,038 y 0,060 W/(m·K), la densidad entre 20 y 90 kg/m³ y el calor específico entre 1,6 y 1,7 kJ/kgK. Los materiales a base de cáñamo, como todos los materiales naturales, tienden a absorber gran cantidad de agua en el aire, con el consiguiente aumento de la conductividad térmica.</p> <p>Un análisis de mercado comparativo y de rendimiento consideró que el potencial de la fibra de cáñamo es grande, pues la conductividad térmica de los materiales derivados es baja. Y también en ese potencial influye su carácter ecológico, ya que se caracterizan por su buena biodegradabilidad para un mejor tratamiento al final de su vida. Sin embargo, estos materiales deben protegerse de la humedad, de los roedores, los insectos y el agua libre.</p> <p>Por otro lado, está la paja de trigo que es el “residuo” extraído de la obtención del grano de trigo. La paja es el tallo que sujeta la vaina donde se encuentra ese grano.</p> <p>El cáñamo se estudia por separado y ya se obtienen buenos resultados aislantes. Sin embargo, si ambos materiales trabajan unidos se consigue que la paja de trigo que contiene lignina actúe junto a la hemicelulosa dando así un adhesivo natural. Por consiguiente, no es necesario añadir ningún adhesivo, simplemente debe añadirse en la mezcla de paja de trigo y cáñamo, un 15% de la primera como mínimo para que actúe como adhesivo. La paja de trigo puede estar molida o simplemente mezclada.</p>



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

<p>IMAGEN DE LOS MATERIALES POR SEPARADO</p>	 <p>Fuente: http://www.vivehidalgo.com/municipio.php?nombre_muni=Chilcuautla y https://www.agroanuncios.es/anuncios/paja-y-forraje/Paja-de-trigo-en-Madrid.html</p>
<p>IMAGEN DE LA MEZCLA DE CÁÑAMO CON PAJA DE TRIGO</p>	 <p>Fuente: Collet, Prétot y Lanos (2017)</p>
<p>IMAGEN EN USO FINAL</p>	 <p>Instalación de un bloque aislante de fibra de cáñamo, semirrígido y flexible.</p> <p>Fuente: Tectónica</p>



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

<p>PRINCIPALES PROPIEDADES DE LOS TABLEROS DE CÁÑAMO</p>	<p>Tableros de fibras de cáñamo:</p> <ul style="list-style-type: none">-Densidad (kg/m^3): 20-90-Conductividad térmica ($\text{W/m}\cdot\text{K}$): 0,038-0,060-Resistencia mecánica: baja <p>Tableros de fibras y astillas de cáñamo:</p> <ul style="list-style-type: none">-Densidad (kg/m^3): 29-82-Conductividad térmica ($\text{W/m}\cdot\text{K}$): 0,039-0,049-Resistencia mecánica: baja
<p>PRINCIPALES PROPIEDADES DE LOS TABLEROS DE CÁÑAMO Y PAJA DE TRIGO</p>	<ul style="list-style-type: none">-Densidad (kg/m^3): 165-190-Conductividad térmica ($\text{W/m}\cdot\text{K}$): 0,071-0,076-Resistencia mecánica: media-baja
<p>VENTAJAS</p>	<ul style="list-style-type: none">• Son materiales totalmente sostenibles (reciclables, renovables y reutilizables). Además, en el caso de la paja se aprovecha un residuo de la producción del trigo. Aunque la paja tiene otros usos, en este caso se podría considerarse como residuo.• Son económicos.• Debido a que el cáñamo y la paja de trigo son fibras vegetales y contienen lignina, no necesitan adhesivos petroquímicos; porque aplicando la activación térmica se consigue un adhesivo natural (bioresina).• La mezcla de cáñamo y paja de trigo tiene una conductividad térmica adecuada para ser considerado como material aislante ($<0,1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$).• Las materias primas tienen buena disponibilidad.• El origen de las materias primas es local, reduciéndose de esta manera la producción de CO_2 contaminante para la atmósfera debido al transporte.• Es fácil de manipular y trabajar, y constituye una oportunidad para aquellas PYMEs valencianas que no tienen muchos recursos, generando así una fuente de empleo. Esa facilidad se traduce en la capacidad de realizar cortes a medida de cada elemento que se quiere aislar térmicamente.
<p>INCONVENIENTES</p>	<ul style="list-style-type: none">• Los tableros de cáñamo y de cáñamo y paja de trigo presentan resistencia mecánica baja y baja-media, respectivamente, si tuvieran que cumplir una función estructural por sí solos. Sin embargo, son lo bastante resistentes para conseguir un panel rígido y podrían reforzarse mezclándose con más sustancias o uniéndose a otros materiales más resistentes.• No son resistentes al fuego, aunque esta limitación podría solucionarse añadiéndoles retardadores de fuego.• Se precisa más investigación para conseguir tableros mejorados de cáñamo y de cáñamo y paja de trigo, en especial para uso en exterior.



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

<p>POSIBLES USOS EN CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN</p>	<p>En forma de paneles rígidos o semirrígidos tienen diversos usos:</p> <ul style="list-style-type: none">- En determinados casos para introducirlos en el interior de un sistema SATE o sándwich, formando parte de la composición aislante del sistema.- También se pueden emplear en paredes si tienen una estructura portante.- Otra opción es en suelos o techos donde queden apoyados y no necesiten una estructura para mantenerse.
--	--



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

NOMBRE	Lana de oveja
DESCRIPCIÓN	<p>La lana de oveja es un material natural que empieza a utilizarse como aislante ecológico. Este material es totalmente renovable, ya que las ovejas producen una o dos capas de lana anualmente de la que deben ser desprendidas. Sus mayores productores son Australia y China.</p> <p>Años atrás, la lana se utilizaba en la industria textil como materia prima. Sin embargo, este enfoque ha cambiado. En la actualidad, la ropa se hace con materias primas sintéticas y la lana ha perdido su uso para este fin casi en su totalidad. Esto ha dado lugar a una disminución de su precio, no existiendo mercado en muchos de los casos y ocasionando que la lana se entierre o acabe en vertederos porque no se puede vender.</p> <p>El inconveniente de este material es que su lavado es costoso, pues se hace con agua y sales de boro y requiere un uso de energía.</p> <p>Con todo, este material tiene muy buenas propiedades aislantes, el boro hace que sea ignífugo y el transporte se soluciona recogiendo la lana de origen local (que ya es suficiente para abastecer a la producción de aislantes).</p> <p>Por tanto, es un aislante que tiene buenas propiedades ecológicas y que, con investigación para mejorar sus propiedades aislantes y obtenerlo de forma totalmente ecológica, resulta de indudable interés como aislante sostenible para la construcción y para este proyecto.</p>
IMAGEN DE LA MATERIA PRIMA	 <p>Fuente: AIDIMME y https://www.elcorreo.com/bizkaia/lana-problema-granjas-20171204125306-nt.html</p>



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

IMÁGENES DEL MATERIAL



Fuente: <https://www.certicalia.com/blog/tipos-de-aislamientos-termicos>



Tablero experimental de lana de oveja mejorada. Fuente: Bosia *et al.* (2015)



**GENERALITAT
VALENCIANA**

iVACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

<p>IMAGEN DEL MATERIAL EN USO FINAL</p>	 <p>Aislamiento de un techo mediante lana de oveja. FUENTE: Havelock Wool</p>  <p>Aislamiento de un techo mediante lana de oveja. FUENTE: Havelock Wool</p>
<p>PRINCIPALES PROPIEDADES</p>	<ul style="list-style-type: none">-Densidad (kg/m^3): 80-142-Conductividad térmica ($\text{W/m}\cdot\text{K}$): 0,037-0,044-Resistencia mecánica: media

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none">• Tiene un gran poder aislante debido a su baja conductividad térmica.• Es un material totalmente sostenible (renovable, reciclable, reutilizable), y además se aprovecha un residuo (la lana que desecha la industria textil). Además, la lana actualmente no tiene apenas mercado y su aprovechamiento como aislante serviría para darle un valor añadido al material y favorecer a la empresa local.• Es un producto local que disminuye en gran medida el CO₂ emitido por el transporte, ya que en la Comunitat Valenciana hay muchos ganaderos que podrían satisfacer en gran medida las necesidades de este material para uso aislante.• Tratado con sales de boro es ignífugo.• Resulta fácil de trabajar y manipular. Por este motivo, cualquier PYME valenciana podría utilizarla como materia prima.• Es fácil de cortar y adaptar a cualquier tipo de estructura.• Hay estudios que demuestran que favorece a su vez el aislamiento térmico, el acústico y la absorción de formaldehído.• El proceso de fabricación de los paneles de lana requiere poca energía.• Si tuviera que teñir para algún uso visible (no suele darse el caso), es fácil cambiar su color.
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none">• En algunos casos, para el lavado de la lana sucia se utilizan sales de boro (que pueden ser perjudiciales para el sistema endocrino de las personas en determinados casos) y grandes cantidades de agua. Sin embargo, existen otros métodos de lavado que podrían evitar este problema.• Se necesita más investigación para mejorar sus propiedades aislantes y obtenerlo de forma totalmente ecológica.• Presenta muy baja resistencia mecánica. Ahora bien, puede combinarse con otros materiales para conseguir productos finales con buen aislamiento térmico y buena resistencia mecánica.
POSIBLES USOS EN CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN	<p>La lana puede utilizarse como aislamiento de varias formas. Generalmente, se fabrica una estructura lo más rígida posible para que sea fácil de manejar, ya sea en panel o en rollo. De esta manera es mucho más fácil de trabajar en obra.</p> <p>Ambas disposiciones se emplean para revestir techos, suelos, paredes, tejados, etc. Por otra parte, se usan también en sistemas SATE o sándwich, ocupando el interior de la estructura y siendo así la parte aislante del sistema.</p>



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

NOMBRE	Cáscara de arroz
DESCRIPCIÓN	<p>La cáscara de arroz es un residuo que procede del cultivo del arroz para alimento humano. La envoltura que cubre el grano es indigerible para el ser humano y, por tanto, no sirve de alimento.</p> <p>Este material se genera en grandes cantidades ya que el arroz es el segundo cereal más producido en el mundo y, de este modo, las existencias de este residuo son enormes sin tener un fin específico en las que utilizarlas.</p> <p>Aunque este producto se puede desechar quemándolo no es la manera correcta porque las emisiones son perjudiciales para el medio ambiente. Por ello, se le suele dar otros usos como camas para ganadería, sustrato para floricultura, algún tipo de construcción o producción de cenizas, entre otros.</p> <p>A pesar de esos intentos, no se consigue un uso eficiente del material, ya que aunque esos destinos del producto sirven como eliminación del residuo, no son aprovechamientos correctos.</p> <p>Para conseguir mejores aprovechamientos de la cáscara de arroz, la investigación se orienta actualmente a buscar un uso óptimo de este material.</p>
IMAGEN DE LA MATERIA PRIMA	 <p>Fuente: AIDIMME</p>



ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción



Prototipo experimental de tablero aglomerado de cáscara de arroz adherido a una placa de hormigón. Fuente: AIDIMME

IMAGEN DEL MATERIAL



Tableros experimentales aglomerados de cáscara de arroz. Fuente: Escuela de Arquitectura de la Universidad de Texas en Austin (USA)



**GENERALITAT
VALENCIANA**

iVACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

<p>IMAGEN PROTOTIPO USO FINAL</p>	 <p>Prototipo experimental de tablero aglomerado de cáscara de arroz sobre armazón metálico. Fuente: AIDIMME</p>  <p>Rice Husk Particle Board</p>  <p>Ceiling in Class Room</p> <p>Izquierda: Tablero de partículas de cáscara de arroz experimental. Derecha: Aplicación del tablero experimental en el techo de un aula. Fuente: Pandey, Nath y Sujatha (2011)</p>
<p>PRINCIPALES PROPIEDADES</p>	<p>-Densidad (kg/m^3): 290 -Conductividad térmica ($\text{W/m}\cdot\text{K}$): 0,055 -Resistencia mecánica: baja</p> <p>-Espesor (cm): 5 -Resistencia térmica ($\text{m}^2\cdot\text{K/W}$): 0,91</p>

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none">• La cáscara de arroz presenta una conductividad lo bastante reducida como para ser considerada como aislante térmico.• Se aprovecha un material que hasta ahora se considera un residuo sin valor industrial ni comercial. Dicho residuo proviene de la cosecha de arroz, en concreto, de la extracción del grano. Aunque se ha intentado darle usos como cama de ganado, combustible, etc., actualmente es un problema deshacerse de dicho producto.• Es un material totalmente sostenible (renovable, reciclable, reutilizable). No requiere apenas energía en su transformación ni tampoco ningún producto químico en su extracción.• El arroz es un producto local de la Comunitat Valenciana. Si se aprovecha la cáscara, se da un valor añadido al arroz y se beneficia a las empresas valencianas.• Al ser un producto local, no se produce a penas emisión de CO2 en el transporte.• La cáscara de arroz es fácil de trabajar y su transformación no requiere mucha energía, por lo que está al alcance de las PYMEs valencianas.• Puede adaptarse a cualquier tipo de estructura, por la facilidad que presenta al corte.
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none">• Si se usa isocianato como adhesivo para el tablero, no es inocuo para el medio ambiente y es perjudicial para las personas en la etapa de mezclado con el agua destilada. Sin embargo, podría estudiarse otro tipo de adhesivo que eliminase estos inconvenientes.• No es resistente al fuego, aunque esta limitación podría solucionarse añadiéndole retardadores de fuego.• Se necesita más investigación para mejorar sus propiedades aislantes y mecánicas, así como su durabilidad.
POSIBLES USOS EN CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN	<p>Los usos a los que se destina comúnmente la cáscara de arroz son la cama de ganado, combustible, etc.</p> <p>A través de la investigación y el estudio del material junto a otros elementos se consigue otro tipo de usos más adecuados para conseguir realmente un valor añadido del material. Esos usos generalmente vienen dados tras la construcción de paneles con la cáscara de arroz:</p> <ul style="list-style-type: none">- Aislamiento exterior para fachadas o tejados en un sistema SATE junto a algún tipo de material como el mortero que lo proteja de los agentes externos.- Aislamiento como núcleo de un sistema de paneles sándwich.- Aislamiento interior de paredes, techos, etc., si tiene algún tipo de recubrimiento (como madera), porque estéticamente puede no ser del gusto del consumidor.

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

NOMBRE	Posidonia
DESCRIPCIÓN	<p>La posidonia oceanica o poseidonia mediterránea es una planta acuática endémica del Mediterráneo por lo que está protegida. Además, está considerada como un bioindicador de la calidad de las agua marinas ya que solo habita en aquellos lugares con óptima calidad.</p> <p>Las hojas de esta especie se pierden en otoño y acaban en las costas cubriendo gran parte de las mismas. En este punto existe controversia, pues por un lado se ve como un residuo que cubre las playas y debe eliminarse y, por otro, es una barrera para frenar la sedimentación de la costa.</p> <p>A pesar de todo en la mayoría de los casos las hojas secas se extraen de la costa para evitar la molestia de la población y se les da un uso: como combustible, sustituto de la paja, para la creación de cenizas, creación de zonas verdes o aislante.</p> <p>Sin embargo, ninguno de los usos actuales está siendo eficiente, sino que realiza la función de eliminar el residuo. Por eso hay varias investigaciones recientes para buscar usos óptimos para la posidonia, alguna de AIDIMME.</p>
IMAGEN DE LA MATERIA PRIMA	<div data-bbox="472 1149 927 1547"><p>VERDE</p></div> <div data-bbox="927 1149 1398 1547"><p>SECA</p></div> <p>Fuente: https://www.menorcadiferente.com/posidonia-oceanica/ y AIDIMME</p>

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

IMAGEN DEL MATERIAL



Tablero experimental de posidonia. Fuente: AIDIMME

IMAGEN PROTOTIPO USO FINAL



Panel experimental aislante con posidonia. Fuente: AIDIMME



**GENERALITAT
VALENCIANA**

ivACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

**IMAGEN PROTOTIPO
USO FINAL CERRADO**



Panel experimental aislante con posidonia. Fuente: AIDIMME

**PRINCIPALES
PROPIEDADES**

- Densidad (kg/m^3): 192
- Conductividad térmica ($\text{W/m}\cdot\text{K}$): 0,043
- Resistencia mecánica: media

- Espesor (cm): 4,5
- Resistencia térmica ($\text{m}^2\cdot\text{K/W}$): 1,05



**GENERALITAT
VALENCIANA**

ivACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none">• Es un material totalmente sostenible (reciclable, reutilizable y renovable).• Se aprovecha un residuo, ya que la posidonia cuando muere y se seca se deposita en las orillas de la costa.• No se produce a penas emisión de CO2 en el transporte por ser un producto local de la Comunitat Valenciana.• La posidonia es fácil de trabajar y su transformación apenas requiere energía, por lo que está al alcance de las PYMEs valencianas.• Presenta una conductividad lo bastante reducida como para ser considerada como aislante térmico.• Su corte es muy fácil, lo que hace que se pueda dársele la forma que se quiera para la estructura final.
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none">• La posidonia es una planta protegida a nivel ambiental; es decir, no puede extraerse cuando la planta está viva en verde. Por tanto, si este producto se destinara masivamente a la producción de aislante tendría una disponibilidad limitada, pues solamente puede recogerse el residuo seco de la costa.• Si se usa isocianato como adhesivo para el tablero, no es inocuo para el medio ambiente y es perjudicial para las personas en la etapa de mezclado con el agua destilada. Sin embargo, podría estudiarse otro tipo de adhesivo que eliminase estos inconvenientes.• No es resistente al fuego, aunque esta limitación podría solucionarse añadiéndole retardadores de fuego.• Se necesita más investigación en tableros de posidonia para mejorar sus propiedades aislantes y mecánicas, así como su durabilidad.
POSIBLES USOS EN CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN	<p>Los usos a los que se destina comúnmente la posidonia son como combustible, sustituto de la paja, para la creación de cenizas, creación de zonas verdes o aislante.</p> <p>Mediante la investigación y el estudio del material junto a otros elementos pueden conseguirse otro tipo de usos más adecuados para conseguir realmente un valor añadido del material. Esos usos generalmente vienen dados tras la construcción de paneles con la posidonia:</p> <ul style="list-style-type: none">- Aislamiento exterior para fachadas o tejados en un sistema SATE junto a algún tipo de material que lo proteja de los agentes externos.- Aislamiento como núcleo de un sistema de paneles sándwich.- Para aislamiento interior de paredes, techos, división de habitaciones, etc., si tiene algún tipo de recubrimiento (como madera), porque estéticamente puede no ser del gusto del consumidor.

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

3.5 Bibliografía consultada

Abu-Jdayil, B.; Mourad, A.-H.; Hittini, W.; Hassan, M.; Hameedi, S. Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: an overview. *Construction and Building Materials*, 214:709–735, 2019

Al-Homoud, M.S. Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials. *Building and Environment*, 40(3):353-366, 2005

Alia, M.A.; Seddikb, K.M.; Hassabo, A.G. Polyester Fibres Enhanced with Phase Change Material (PCM) to Maintain Thermal Stability. *Egyptian Journal of Chemistry*, 64(11): 6599-6613, 2021

Álvarez Noves, H. La madera como aislamiento térmico. *AITIM*, 110 – jul/ago, 1982

Anh, L.D.; Pásztor, Z. An overview of factors influencing thermal conductivity of building insulation materials. *Journal of Building Engineering*, 44:102604, 2021

Aditya, L.; Mahlia, T.; Rismanchi, B.; Ng, H.; Hasan, M; Metselaar, H; Muraza, O., Aditya, H. A review on insulation materials for energy conservation in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73:1352–1365, 2017

Ashori, A. Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries. *Bioresource Technology*, 99(11): 4661–4667, 2008

Asdrubali, F.; Schiavoni, S.; Horoshenkov, K.V. Review of Sustainable Materials for Acoustic Applications. *Journal of Building Acoustics*, 19(4):283-312, 2012

Ayrilmis, N.; Buyuksari, U.; Avci, E. Utilization of waste tire rubber in manufacture of oriented strandboard. *Waste Management*, 29(9): 2553-2557, 2009

Ayrilmis, N.; Buyuksari, U.; Avci, E. Utilization of waste tire rubber in the manufacturing of particleboard. *Materials and Manufacturing Processes*, 24(6): 688-692, 2009

Baetens, R.; Jelle, B.P.; Gustavsen, A. Aerogel insulation for building applications: A state-of-the-art review. *Energy and Buildings*, 43(4): 761-769, 2011

Baptista, A.P.M.; Vaz, M.D.C. Comparative wear testing of flooring materials. *Wear*, 162-164:990–995, 1993

Blanco, I.; Cicala, G.; Restuccia, C.L.; Latteri A.; Battiato, S.; Scamporrino, A. Role of 2-hydroxyethyl end group on the thermal degradation of poly(ethylene terephthalate) and reactive melt mixing of poly(ethylene terephthalate)/poly(ethylene naphthalate) blends. *Polymer Engineering & Science*, 52:2498–505, 2012

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

Bosia D.; Savio L.; Thiebat F.; Patrucco A.; Fantucci S.; Piccablotto G.; Marino D. Sheep wool for sustainable architecture. *Energy Procedia*, 78:315-320, 2015

CALIPLAC. <https://caliplac.es/sobre-el-corcho-negro/>

Chen, C.H.; Huang, R.; Wu, J.K.; Yang, C.C. Waste E-glass particles used in cementitious mixtures. *Cement and Concrete Research*, 36(3):449–456, 2006

Cheng, A; Huang, R.; Wu, J.K; Chen, C.H. Influence of GGBS on durability and corrosion behavior of reinforced concrete. *Materials Chemistry and Physics*, 93(2–3):404–411, 2005

Collet F.; Prétot S; Lanos, C. Hemp-Straw Composites: Thermal And Hygric Performances. *Energy Procedia*, 139:294-300, 2017

Cuce, E.; Cuce, P.M.; Wood, C.J.; Riffat, S.B. Toward aerogel based thermalsuperinsulation in buildings: a comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34:273–299, 2014

D’Alessandro, F.; Schiavoni, S.; Bianchi, F., Asdrubali, F. Insulation materials for the building sector: a review and comparative analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62:988–1011, 2016

Das, S.; Heasman, P.; Ben, T.; Qiu, S. Porous organic materials: Strategic design and structure–function correlation. *Chemical Reviews*, 117(3):1515–1563, 2017

Eaves, D. *Handbook of Polymer Foams*. Rapra Technology Ltd. Shawbury, UK, 2004

Fassi A.; Maina, L. *L'isolamento ecoefficiente. Guida all'uso dei materiali naturali*. Edizioni Ambiente, Milano, 2009

Félix, J.S.; Domeño, C.; Nerín, C. Characterization of wood plastic composites made from landfill-derived plastic and sawdust: Volatile compounds and olfactometric analysis. *Waste Management*, 33:645-655, 2013

Ferreira, E.; Pereira, H. Some anatomical and chemical changes in manufacturing cork black agglomerates. *Cellular solids: structure and properties*, 576:274–279, 1986

Gama, N.V; Ferreira, A.; Barros-Timmons, A. Polyurethane Foams: Past, Present, and Future. *Materials*, 11(10):1841, 2018

Glé, P.; Gourdon, E.; Arnaud, L. Acoustical properties of materials made of vegetable particles with several scales of porosity. *Applied Acoustics*, 72:249-259, 2011

Horrocks, A.R.; Anand, S.C. *Handbook of Technical Textiles, Second Edition*. Woodhead Publishing, 2016

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

Hung Anh, L.D; Pásztor, Z. An Overview of Factors Influencing Thermal Conductivity of Building Insulation Materials. *Journal of Building Engineering*, 43(3):102604, 2021

Ingrao, C.; Lo Giudice, A.; Tricase, C.; Rana, R.L.; Mbohwa, C.; Siracusa, V. Recycled-PET fibre based panels for building thermal insulation: environmental impact and improvement potential assessment for a greener production. *The Science of the total environment*, 493:914-29, 2014

Jelle, B.P. Traditional, state-of-the-art and future thermal building insulation materials and solutions—Properties, requirements and possibilities. *Energy and Buildings*, 43(10):2549–2563, 2011

Jiříčková, R.; Černý, R. Effect of hydrophilic admixtures on moisture and heat transport and storage parameters of mineral wool. *Construction and Building Materials*, 20(6):425–434, 2006

Joly, M.; Bourdoukane, P.; Ibrahim, M.; Stipetic, M.; Dantzc, S., Nocentini, K., Aulagniere, M., Caiazzof, F.G.; Fiorentino, B. Competitive high performance Aerogel-Based Composite material for the European insulation market. *Energy Procedia*, 122:859-864, 2017

Korjenic, A.; Petráněk, V.; Zach, J.; Hroudová, J. Development and performance evaluation of natural thermal-insulation materials composed of renewable resources. *Energy and Buildings*, 43(9): 2518-2523, 2011

Kowatsch, S. Mineral Wool Insulation Binders. In *Phenolic Resins: A Century of Progress*. Pilato, L., Ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2010

Kymäläinen, H.R.; Sjöberg, A.M. Flax and hemp fibres as raw materials for thermal insulations. *Building and Environment*, 43:1261-19, 2008

Latif, E.; Bevan, R.; Woolley, T. *Thermal Insulation Materials for Building Applications (Thermal Insulation Materials for Building Applications)*. ICE Publishing, 2019

Lee, S.-T.; Ramesh, N.S. *Polymeric Foams: Mechanisms and Materials*. CRC Press: New York, NY, USA, 2004.

Lemmet, S. *Buildings and Climate Change. Summary for Decision-Makers*, UNEP SBCI, 2009

Leth-Miller, R.; Jensen, A.D.; Glarborg, P.; Jensen, L.M.; Hansen, P.B.; Jorgensen, S.B. Investigation of a Mineral Melting Cupola Furnace. Part I. Experimental Work. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42:6872–6879, 2003

Lin W.T.; Huang, R; Lee, C.L; Hsu, H.M. Effect of steel fiber on the mechanical properties of cement-based composites containing silica fume. *Journal of Marine Science and Technology*, 16(3):214-221, 2008

Lin, W.T.; Huang, R.; Chang, J.J; Lee, C.L. Effect of fiber on the permeability of cement-based composites containing silica fume. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 32(4):531-54, 2009

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

Liu, B.; Liu, J.Z.; Liu, T.; Li, Y.; Ye, N.B.; Wang, Q.W. Effect of additives with different electromagnetic spectrum responses on weather resistance of PVC wood plastic products. *Synthetic Materials Aging and Application*, 48: 10–14, 2019

Masera, G.; Wakili, K.G.; Stahl, T.; Brunner, S.; Galliano, R.; Monticelli, C.; Aliprandi, S.; Zanelli, A.; Elesawy, A. Development of a Super-insulating, Aerogel-based Textile Wallpaper for the Indoor Energy Retrofit of Existing Residential Buildings. *Procedia Engineering*, 180:1139–1149, 2017

Manohar, K. Experimental Investigation of Building Thermal Insulation from Agricultural By-products. *British Journal of Applied Science & Technology*, 2(3):227-239, 2012

Manohar, K.; Ramlakhan, D.; Kochar, G.; Haldar, S. Biodegradable Fibrous Thermal Insulation. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Science and Engineering*, XXVIII (1): 45-7, 2015

Mansour, A.; Ali, S. Reusing waste plastic bottles as an alternative sustainable building material. *Energy for Sustainable Development*, 24: 79–85, 2015

Martínez, J.; Bustamante, M. F.; Salazar, P.; Lobato, A.; Narváez R.; Macías, J.; Cordovez, M. Caracterización Térmica y Mecánica de la Madera de Roble como Insumo para el Diseño por Confort Térmico. *Revista Técnica “Energía”*, 16(1):82-90, 2019

Mahzan, S.; Ahmad Zaidi, A.; Ghazali, M.; Arsat, N.; Hatta, M. Mechanical Properties of Medium Density Fibreboard Composites Material Using Recycled Rubber and Coconut Coir. *International Journal of Integrated Engineering*, 2(1), 2010

Mousakhani, E.; Simons, A.; Harris, D.; Yavarkhani, M.; Anvari, A. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 1218:012051, 2022

Mitchell, J.; Vandeperre, L.; Dvorak, R.; Kosior, E.; Tarverdi, K.; Cheeseman, C. Recycling disposable cups into paper plastic composites. *Waste Management*, 34:2113-2119, 2014

Navarro R.; Ferrandiz, S.; Lopez J.; Seguí V.J. The influence of polyethylene in the mechanical recycling of polyethylene terephthalate. *Journal of Materials Processing Technology*, 195:110–116, 2008

Ochs, F.; Heidemann, W.; Müller-Steinhagen, H. Effective thermal conductivity of moistened insulation materials as a function of temperature. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 51(3–4): 539–552, 2008

Olivier, J.G.; Schure, K.; Peters, J. Trends in Global CO₂ and Total Greenhouse Gas Emissions, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, page 5, 2017

Pachauri, R.; Reisinger, A. *Climate Change 2007. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report*, Cambridge University Press, Cambridge, 2008

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

Pandey, C.N.; Nath, S.K.; Sujatha, D. Wood based panel products: technology road map. Journal of the Indian Academy of Wood Science, 8:62–67, 2011

Panyakaew, S.; Fotios S. New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse. Energy and Buildings, 43:1732-9, 2011

Pereira, H.; Ferreira, E. Scanning electron microscopy observation of insulation cork agglomerates. Materials Science and Engineering: A, 111:217–225, 1989

Pfundstein, M.; Gellert, R.; Spitzner, M.H.; Rudolphi, A. Insulating Materials. Munich: Detail Practice, 2008

Pfundstein, M.; Gellert, R.; Spitzner, M.; Rudolphi, A. Insulating Materials: Principles, Materials, Applications, Walter de Gruyter, 2012

Safina, S.; Alkalbani, A. Use of recycled plastic water bottles in concrete blocks. Procedia Engineering, 164:214–221, 2016

Schiavoni, S.; D'Alessandro, F.; Bianchi, F.; Asdrubali, F. Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 62:988-1011, 2016

Solomon, S. IPCC (2007): Climate Change the Physical Science Basis vol. 2007, AGUFM, 2007

Song, X.M. Wood Fiber and Recycled Tire Rubber Hybrid Composites. Michigan Technological University, Michigan, 1995

Sun, W. Study On Wood-Rubber Composites and Application in Soundproof Flooring. Beijing Forestry University, Beijing, 2009

Singh, D.; Rawat, M.; Singh, S.P.; Chaudhary, R. Performance of PV integrated wall and roof as a building material. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1, IOP Publishing, p. 012005, 2021

Tian, F.; Chen, L.; Xu, X. Dynamical mechanical properties of wood-high density polyethylene composites filled with recycled rubber. Journal of Bioresources and Bioproducts, 6(2):152-159, 2021

Titow, W.V. PVC Technology. Rapra Technology Ltd. Shawbury, UK, 2001

Useia, E. International energy outlook 2018 - highlights. https://www.eia.gov/pressroom/presentations/capuano_07242018.pdf, 2018

van Bommel, M.J.; den Engelsen, C.W.; van Miltenburg, J.C. A thermoporometry study of fumed silica/aerogel composites. Journal of Porous Materials, 4:143–150, 1997

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

Villa, K.; Echavarría, C.; Blessent, D. Muro de madera aislado con fibra de coco. DYNA, vol. 86, núm. 210, p. 333-337, 2019

Villasmil, W.; Fischer, L.J.; Worlitschek, J. A review and evaluation of thermal insulation materials and methods for thermal energy storage systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 103:71–84, 2019

Wang, J.Q.; Du, J.X.; Zhu, J.; Wilkie, A.C. An XPS study of the thermal degradation and flame retardant mechanism of polystyrene-clay nanocomposites. Polymer Degradation and Stability, 77(2): 249–252, 2002

Wang, J.; Du, Q.; Zhang, C., Xu, X.; Gang, W. Mechanism and preliminary performance analysis of exhaust air insulation for building envelope wall. Energy and Buildings, 173: 516–529, 2018

Wang, Y.; Huang, J.; Wang, D.; Liu, Y.; Zhao, Z.; Liu, J. Experimental investigation on thermal conductivity of aerogel-incorporated concrete under various hygrothermal environment. Energy, 188:115999, 2019

Walker, R.; Pavía, S. Thermal performance of a selection of insulation materials suitable for historic buildings. Building and Environment, 94(1): 155-165, 2015

Wei, M.S.; Huang K.H. Recycling and reuse of industrial waste in Taiwan. Waste Management, 21(1):93–97, 2001

Welle F. Twenty years of PET bottle to bottle recycling — an overview. Resources, Conservation and Recycling, 55(11):865-875, 2011

Xue, Y.; Wu, S.; Hou, H.; Zha, J. Experimental investigation of basic oxygen furnace slag used as aggregate in asphalt mixture. Journal of Hazardous Materials, 138(2):261–268, 2006

Yang, H. Efficient utilization of blast furnace slag sensible heat. Energy Conservation & Environmental Protection, 2:34-35, 2003

Yüksel, N. The Review of Some Commonly Used Methods and Techniques to Measure the Thermal Conductivity of Insulation Materials, Insulation Materials in Context of Sustainability, IntechOpen, 2016

Zhang, L.; Chen, Z.; Dong, H., Fu, S.; Ma, L.; Yang, X. Wood plastic composites based wood wall's structure and thermal insulation performance. Journal of Bioresources and Bioproducts, 6(1):65-74, 2021

Zhao, J.; Wang, X.M., Chang, J.; Zheng, K. Optimization of processing variables in wood-rubber composite panel manufacturing technology. Bioresource Technology, 99(7):2384-91, 2008

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

Zhao, J.; Wang, X.M.; Chang, J.M.; Yao, Y.; Cui, Q. Sound insulation property of wood–waste tire rubber composite. *Composites Science and Technology*, 70:2033-2038, 2010

Zhao, D.; Zhang; Z.; Tang, X.; Liu, L.; Wang, X. *Energies*, 7:3121-3135, 2014

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

4 Resultados obtenidos en el Paquete de Trabajo 5: Desarrollo de materiales sostenibles, innovadores y de uso estructural para mejorar el aislamiento térmico en construcción

4.1 Especificación de los requisitos técnicos y medioambientales para los materiales innovadores aislantes y de uso estructural

Para los nuevos materiales se especificaron:

- Requisitos de eficacia y ahorro energético
- Requisitos de resistencia mecánica
- Requisitos medioambientales
- Requisitos económicos
- Requisitos de fabricación

Basándose en los anteriores requisitos se decidió que los materiales innovadores aislantes y de uso estructural idóneos para el proyecto eran **tableros/paneles multicapa (contrachapados y contralaminados) compuestos por madera (pino silvestre y paulownia) y por un material lignocelulósico ultra-aislante desarrollado específicamente para el proyecto.**

La combinación de esas materias primas resulta innovadora y permite desarrollar tableros/paneles de alto valor añadido. Además, los nuevos materiales son totalmente adecuados para la **construcción modular y la construcción prefabricada**, tendencias arquitectónicas cada vez más relevantes en todo el mundo.

El material lignocelulósico desarrollado para el proyecto procede de residuos industriales, por lo que **se valoriza un residuo**, que es uno de los objetivos de la **economía circular**. Tanto la madera como el material lignocelulósico proceden de la Comunitat Valenciana.

4.2 Desarrollo del nuevo material lignocelulósico para los materiales innovadores aislantes y de uso estructural

El primer paso para desarrollar los nuevos tableros/paneles multicapa consistió en desarrollar un material lignocelulósico ultra-aislante específico para el proyecto.

Como base inicial para el nuevo material lignocelulósico de INNOCOND se partió de un material de la empresa valenciana FERRO COVERLINK, ubicada en Onda (Castellón), que ha suministrado a AIDIMME desinteresadamente todo el material lignocelulósico utilizado en el proyecto, pues lo consideran de gran interés para su actividad y para el sector de la construcción/rehabilitación.

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

A partir del material de FERRO COVERLINK, se propusieron y desarrollaron en el proyecto numerosas formulaciones para el nuevo material lignocelulósico, con cambios sustanciales respecto al material original, hasta llegar a una con las propiedades adecuadas respecto a adherencia, solidez, viscosidad, etc.

Cada una de las formulaciones del nuevo material lignocelulósico (NML) se probó inicialmente con muestras pequeñas (20x20, 30x30 y 50x50 cm) de madera de pino silvestre (*Pinus silvestris*) y de paulownia (clon COTEVISA 2). Para ello se colocó el NML sobre la madera, se colocó encima de él otra madera, y se dejó secar naturalmente (1-2 semanas) o en estufa (2-3 horas + 3 horas de enfriamiento). Se utilizaron distintos espesores para el NML (3, 5 y 6 mm).



Figura 13. Ejemplo del nuevo material lignocelulósico (NML) sobre una muestra pequeña de pino silvestre. El espesor del NML es de 5 mm; el del pino, 18 mm.

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción



Figura 14. Ejemplo del nuevo material lignocelulósico (NML) entre dos muestras pequeñas de pino silvestre. El espesor del NML es de 5 mm; el del pino, 18 mm. En esta prueba, el secado fue en estufa a 50°C y la presión se ejerció mediante gatos.



Figura 15. Ejemplo de muestra de madera-nuevo material lignocelulósico-madera, después de aserrarla (formulación final del NML y madera de paulownia). El aserrado no disgrega el NML seco ni arranca trozos de él; es un corte muy limpio. La adhesión del NML, una vez seco, a la madera es correcta y su espesor es uniforme.

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

4.3 Desarrollo de los prototipos de los materiales innovadores aislantes y estructurales

Para el desarrollo de los prototipos de materiales de INNOCOND se usaron chapas y tableros alistonados de pino silvestre y paulownia de origen autóctono, suministrados por empresas valencianas según las especificaciones de AIDIMME en cuanto a calidades, secciones, tamaños y contenido en humedad.

AIDIMME realizó también los despieces de las chapas y tableros alistonados, teniendo en cuenta las dimensiones que se necesitarían más adelante para determinar las propiedades mecánicas y térmicas de los prototipos.

Las chapas y los tableros alistonados de paulownia corresponden al clon estéril COTEVISA 2, desarrollado por la empresa valenciana COTEVISA y que está adaptado a las condiciones mediterráneas.

Se usó también el nuevo material lignocelulósico ultra-aislante, que como se ha explicado antes fue proporcionado en su totalidad desinteresadamente por la empresa valenciana FERRO COVERLINK.

Para que los prototipos cubran la mayor cantidad de usos posibles en construcción y rehabilitación se decidió que tuvieran principalmente las siguientes configuraciones (NML denota "Nuevo material lignocelulósico"):

- a) Tablero contrachapado de pino y NML de 11 mm
- b) Tablero contralaminado de pino y NML de 66 mm
- c) Tablero contrachapado de paulownia y NML de 18 mm
- d) Tablero contralaminado de paulownia y NML de 66 mm

No obstante, por interés industrial y sectorial, se desarrollaron también algunos prototipos con otras configuraciones y espesores de NML.

El proceso de fabricación de los prototipos, que no se detalla en este documento, consta de varias etapas que deben realizarse en un orden fijado.

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción



Figura 16. Ejemplo de uno de los prototipos finales (contralaminado de 5 capas con pino y el nuevo material lignocelulósico)



Figura 17. Ejemplo de dos de los prototipos finales (contralaminado de 5 capas con paulownia y el nuevo material lignocelulósico)

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

5 Resultados obtenidos en el Paquete de Trabajo 6: Caracterización técnica de los materiales innovadores desarrollados

A continuación se exponen los resultados obtenidos de la caracterización para cada tipo de material desarrollado.

Tablero contrachapado de pino y NML de 11 mm

Propiedad	Resultado medio
Densidad (kg/m ³)	475
Resistencia a cizalladura transversal a las fibras (N/mm ²)	5,41
Resistencia a cizalladura paralela a las fibras (N/mm ²)	6,89
Resistencia a compresión transversal paralela a las fibras (N/mm ²)	17,81
Resistencia a compresión transversal perpendicular a las fibras	14,17
Resistencia a compresión perpendicular a las caras (N/mm ²)	11,63
Resistencia a tracción perpendicular a las caras (N/mm ²)	0,43
Resistencia a flexión longitudinal (N/mm ²)	18,19
Módulo de elasticidad longitudinal (N/mm ²)	1.190
Resistencia a flexión transversal (N/mm ²)	23,81
Módulo de elasticidad transversal(N/mm ²)	1.130
Coefficiente de conductividad térmica (W/mK)	0,072056 (a 20°C)

Tablero contrachapado de pino y NML de 18 mm

Propiedad	Resultado medio
Densidad (kg/m ³)	493
Coefficiente de conductividad térmica (W/mK)	0,070366 (a 20°C)

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

Tablero contralaminado de pino y NML de 66 mm

Propiedad	Resultado medio
Densidad (kg/m ³)	464
Resistencia a cizalladura transversal a las fibras (N/mm ²)	5,77
Resistencia a cizalladura paralela a las fibras (N/mm ²)	7,10
Resistencia a compresión transversal paralela a las fibras (N/mm ²)	24,70
Resistencia a compresión transversal perpendicular a las fibras (N/mm ²)	16,22
Resistencia a compresión perpendicular a las caras (N/mm ²)	7,39
Resistencia a tracción perpendicular a las caras (N/mm ²)	0,49
Resistencia a flexión longitudinal (N/mm ²)	27,11
Módulo de elasticidad longitudinal (N/mm ²)	1.922
Resistencia a flexión transversal (N/mm ²)	32,85
Módulo de elasticidad transversal(N/mm ²)	1.854
Coefficiente de conductividad térmica (W/mK)	0,072002 (a 20°C)

Tablero contrachapado de paulownia y NML de 18 mm

Propiedad	Resultado medio
Densidad (kg/m ³)	321
Resistencia a cizalladura transversal a las fibras (N/mm ²)	1,32
Resistencia a cizalladura paralela a las fibras (N/mm ²)	0,97
Resistencia a compresión transversal paralela a las fibras (N/mm ²)	5,68
Resistencia a compresión transversal perpendicular a las fibras (N/mm ²)	4,89
Resistencia a compresión perpendicular a las caras (N/mm ²)	4,25
Resistencia a tracción perpendicular a las caras (N/mm ²)	0,19
Resistencia a flexión longitudinal (N/mm ²)	16,40
Módulo de elasticidad longitudinal (N/mm ²)	1.340
Resistencia a flexión transversal (N/mm ²)	14,26
Módulo de elasticidad transversal(N/mm ²)	1.270
Coefficiente de conductividad térmica (W/mK)	0,065612 (a 20°C)

Tablero contrachapado de paulownia y NML de 11 mm

Propiedad	Resultado medio
Densidad (kg/m ³)	302
Coefficiente de conductividad térmica (W/mK)	0,044396 (a 20°C)

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

Tablero contralaminado de paulownia y NML de 66 mm

Propiedad	Resultado medio
Densidad (kg/m ³)	259
Resistencia a cizalladura transversal a las fibras (N/mm ²)	2,26
Resistencia a cizalladura paralela a las fibras (N/mm ²)	2,17
Resistencia a compresión transversal paralela a las fibras (N/mm ²)	12,31
Resistencia a compresión transversal perpendicular a las fibras (N/mm ²)	7,03
Resistencia a compresión perpendicular a las caras (N/mm ²)	4,46
Resistencia a tracción perpendicular a las caras (N/mm ²)	0,36
Resistencia a flexión longitudinal (N/mm ²)	25,12
Módulo de elasticidad longitudinal (N/mm ²)	1.026
Resistencia a flexión transversal (N/mm ²)	23,98
Módulo de elasticidad transversal(N/mm ²)	984
Coefficiente de conductividad térmica (W/mK)	0,066702 (a 20°C)

A la vista de los resultados puede deducirse que todos los materiales desarrollados son **de uso autoportante/estructural y al mismo tiempo aislantes** (coeficiente de conductividad térmica < 0,10 W/mK).

Uno de ellos (tablero contrachapado de paulownia y NML de 11 mm) es incluso **ultra-aislante** (es decir, $\lambda < 0,06$ W/mK) **en todo el rango 0-50°C**, y **algunos son ultra-aislantes en los rangos 0-10°C o 0-20°C**. Por último, otro de ellos (tablero contralaminado de paulownia y NML de 66 mm) está muy cerca de ser ultra-aislante en todo el rango 0-50°C.

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

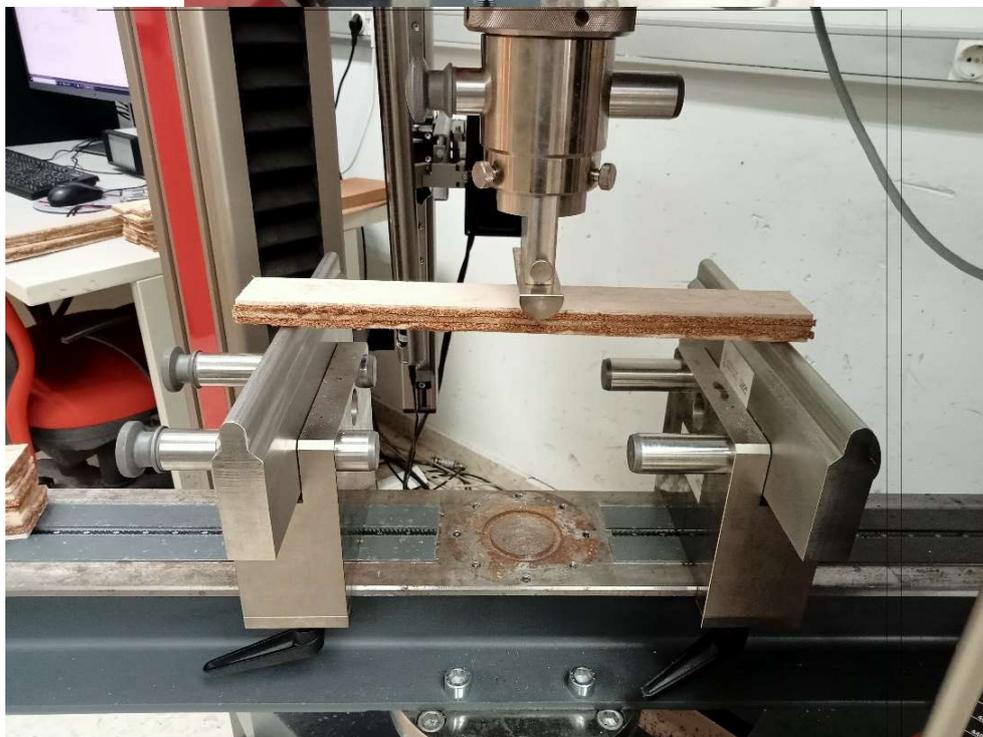
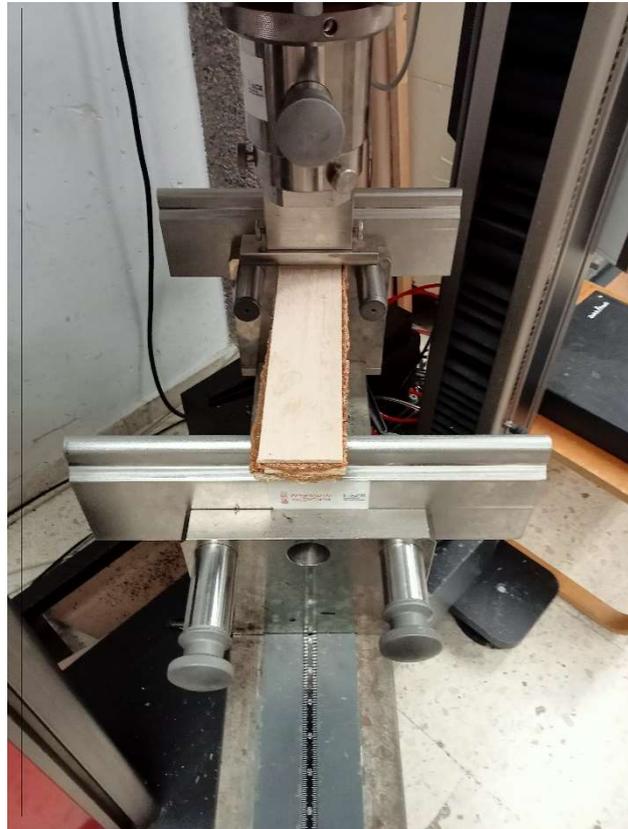


Figura 18. Arriba: ensayo de resistencia a flexión longitudinal. Debajo: ensayo de resistencia a flexión transversal



**GENERALITAT
VALENCIANA**

ivACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción



Figura 19. Izquierda: ensayo de resistencia a tracción perpendicular a las caras. Derecha: algunas muestras después del ensayo de resistencia a tracción perpendicular a las caras

ENTREGABLE 3.4

Ficha técnica resumen de los resultados alcanzados durante el proyecto

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

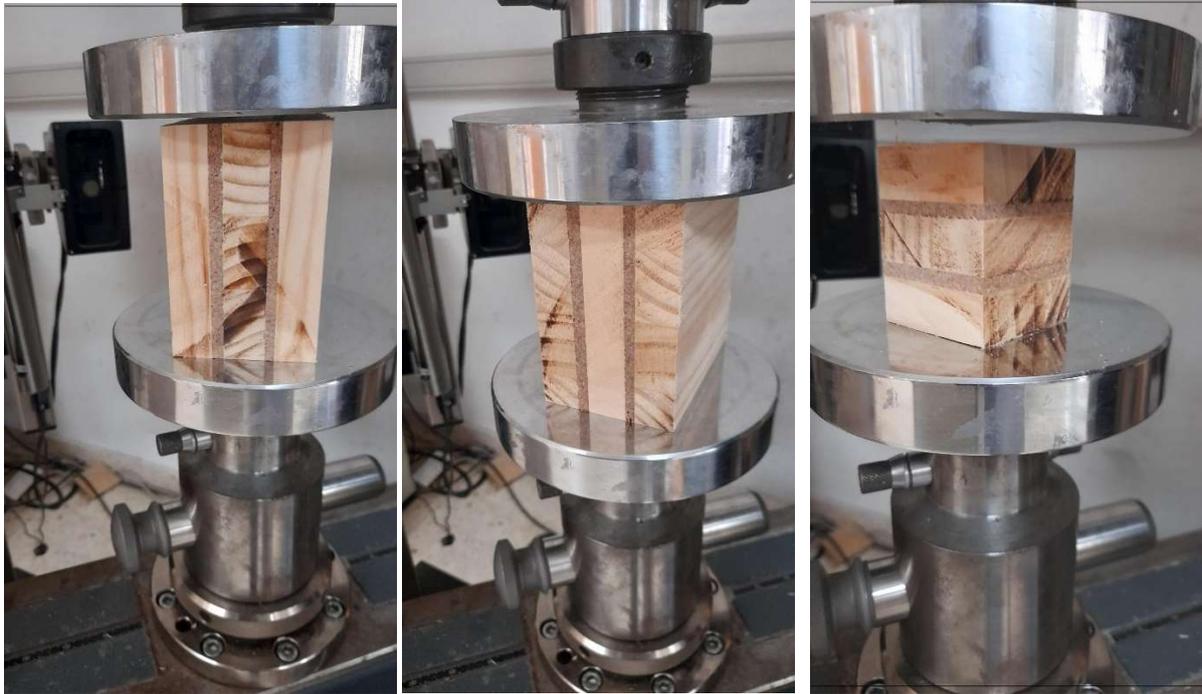


Figura 20. Izquierda: ensayo de resistencia a compresión transversal con fibras dispuestas en paralelo. Centro: ensayo de resistencia a compresión transversal con fibras dispuestas perpendicularmente. Derecha: ensayo de resistencia a compresión perpendicular a las caras



Figura 21. Introducción de una muestra de tablero contrachapado de paulownia y NML de 18 mm en el equipo de medida de la conductividad térmica

INNOCOND - Desarrollo de materiales sostenibles innovadores para mejorar el aislamiento térmico en construcción

6 Conclusiones

Para los nuevos materiales se especificaron requisitos de eficacia y ahorro energético, medioambientales, económicos y de fabricación.

Basándose en los anteriores requisitos se decidió que los materiales innovadores aislantes y de uso estructural idóneos para el proyecto eran **tableros/paneles multicapa (contrachapados y contralaminados) compuestos por madera (pino silvestre y paulownia) y por un material lignocelulósico ultra-aislante desarrollado específicamente para el proyecto.**

La combinación de esas materias primas resulta innovadora y permite desarrollar tableros/paneles de alto valor añadido. Además, los nuevos materiales son totalmente adecuados para la **construcción modular y la construcción prefabricada**, tendencias arquitectónicas cada vez más relevantes en todo el mundo.

El material lignocelulósico desarrollado para el proyecto procede de residuos industriales, por lo que **se valoriza un residuo**, que es uno de los objetivos de la **economía circular**. Tanto la madera como el material lignocelulósico proceden de la Comunitat Valenciana.

Los tableros/paneles multicapa desarrollados se caracterizaron mecánica y térmicamente mediante los ensayos pertinentes, y los resultados establecen que **todos ellos son de uso autoportante/estructural y al mismo tiempo aislantes** (coeficiente de conductividad térmica < 0,10 W/mK).

Uno de ellos (tablero contrachapado de paulownia y NML de 11 mm) es incluso **ultra-aislante** (es decir, $\lambda < 0,06$ W/mK) **en todo el rango 0-50°C**, y **algunos son ultra-aislantes en los rangos 0-10°C o 0-20°C**. Por último, otro de ellos (tablero contralaminado de paulownia y NML de 66 mm) está muy cerca de ser ultra-aislante en todo el rango 0-50°C.