XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Desempenho térmico de mantas isolantes térmicos de lã grossa de ovelha

Desempeño térmico de los mantos aislantes térmicos de lana de oveja gruesa

Thermal performance of thick sheep wool thermal insulating blankets

Desempenho térmico do ambiente construído/ *Desempeño térmico del ambiente construído / Thermal perfomance of the built environment*

Nuñez Berté, Alejandra
Arquitecta, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Maestría Sustentabilidad en Arquitectura y Urbanismo, CABA, Argentina,
anunezberte@gmail.com
Evans, John Martin
Doctor Arquitecto, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Maestría Sustentabilidad en Arquitectura y Urbanismo, CABA, Argentina
evansjmartin@gmail.com
Fernández Luco, Luis
Doctor Ingeniero, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, CABA, Argentina
lfdezluco@gmail.com

Resumo

Este estudo avalia o desempenho térmico de mantas isolantes termoacústicas fabricadas com lã grossa de ovelha sem valor têxtil, provenientes de pequenos produtores rurais da Província de Buenos Aires. O objetivo é verificar sua viabilidade técnica como alternativa sustentável aos isolantes convencionais, com base em suas propriedades térmicas e vantagens ambientais. Foi aplicada uma metodologia experimental com ensaios de condutividade e resistência térmica realizados pelo INTI, conforme as normas ISO 8301, ASTM C518 e IRAM 1860. As amostras testadas (com espessuras de 50 mm e 3 mm) apresentaram valores de condutividade térmica entre 0,0337 e 0,0457 W/m·K, comparáveis ou superiores a materiais tradicionais como lã de vidro ou poliestireno expandido. Destacam-se sua capacidade higroscópica, baixa energia incorporada e origem renovável, alinhando-se aos princípios da economia circular. O trabalho demonstra o potencial desse bioisolante para melhorar a eficiência energética das edificações com baixo impacto ambiental.

Desempenho térmico, Economia circular, Materiais sustentáveis, Descarbonização, Biomateriais

Resumen

El estudio evalúa el desempeño térmico de mantos aislantes termoacústicos fabricados con lana gruesa de oveja sin valor textil, provenientes de pequeños productores rurales en la Provincia de Buenos Aires. El objetivo es verificar su viabilidad técnica como alternativa sostenible frente a aislantes convencionales, a partir de sus propiedades térmicas y sus ventajas ambientales. Se aplicó una metodología experimental basada en ensayos de conductividad y resistencia térmica realizados por INTI, conforme a las normas ISO 8301, ASTM C518 e IRAM 1860. Las muestras ensayadas (de 50 mm y 3 mm de espesor) presentaron valores de conductividad térmica entre 0,0337 y 0,0457 W/m·K, comparables o superiores a materiales tradicionales como lana de vidrio o poliestireno expandido. Se destaca su capacidad higroscópica, bajo contenido energético incorporado, y su origen renovable, alineándose con los principios de economía circular. El trabajo demuestra el potencial de este bioaislante para mejorar la eficiencia energética con bajo impacto ambiental.

Desempeño térmico, Economía circular, Materiales sostenibles, Descarbonización, Bio materiales

Abstract

This study evaluates the thermal performance of thermo-acoustic insulating blankets made from coarse sheep wool without textile value, sourced from small-scale rural producers in Buenos Aires Province. The objective is to verify their technical feasibility as a sustainable alternative to conventional insulators, based on their thermal properties and environmental advantages. An experimental methodology was applied, using thermal conductivity and resistance tests carried out by INTI, according to ISO 8301, ASTM C518, and IRAM 1860 standards. The tested samples (50 mm and 3 mm thick) showed thermal conductivity values ranging from 0.0337 to 0.0457 W/m·K, comparable to or better than traditional materials such as glass wool or expanded polystyrene. Their hygroscopic capacity, low embodied energy, and renewable origin stand out, aligning with circular economy principles. The study demonstrates the potential of this bio-insulator to enhance energy efficiency in buildings while reducing environmental impact, adding value to an underutilized agricultural residue.

Thermal performance, Circular economy, Sustainable materials, Decarbonization, Bio-based materials

Introducción y fundamentación

Contexto general

La crisis climática y energética global ha impulsado compromisos internacionales para reducir los gases de efecto invernadero, donde la innovación en materiales de construcción juega un rol clave hacia una arquitectura de baja energía embebida y operacional. Las metas del Acuerdo de París (2015) plantean limitar el calentamiento global a 1,5 °C, con construcciones Net Zero hacia 2050.

El sector de la construcción es responsable del 37 % del consumo energético global y del 27 % de las emisiones (IEA, 2021), debido tanto al uso operativo de los edificios —especialmente por calefacción y refrigeración (Gil, 2022)— como a la huella de carbono embebida en los materiales, desde su extracción hasta la disposición final.

Para cumplir con estos objetivos, se estableció que todo el parque construido sea Net Zero al 2050, y que a partir de 2030 todos los edificios nuevos lo sean en operación (UNEP, 2021; UNFCCC et al., 2021). El *Marrakech Partnership for Global Climate Action – Human Settlements Pathway* (MPGCA, 2021) propone además que hacia 2030 el entorno construido reduzca sus emisiones a la mitad, y que hacia 2050 todos los activos, nuevos y existentes, sean Net Zero en todo su ciclo de vida.

Complementariamente, el World Green Building Council propone una reducción del 40 % en el carbono embebido de nuevas construcciones para 2030 y emisiones netas cero para 2050 (Mathew et al, 2019).

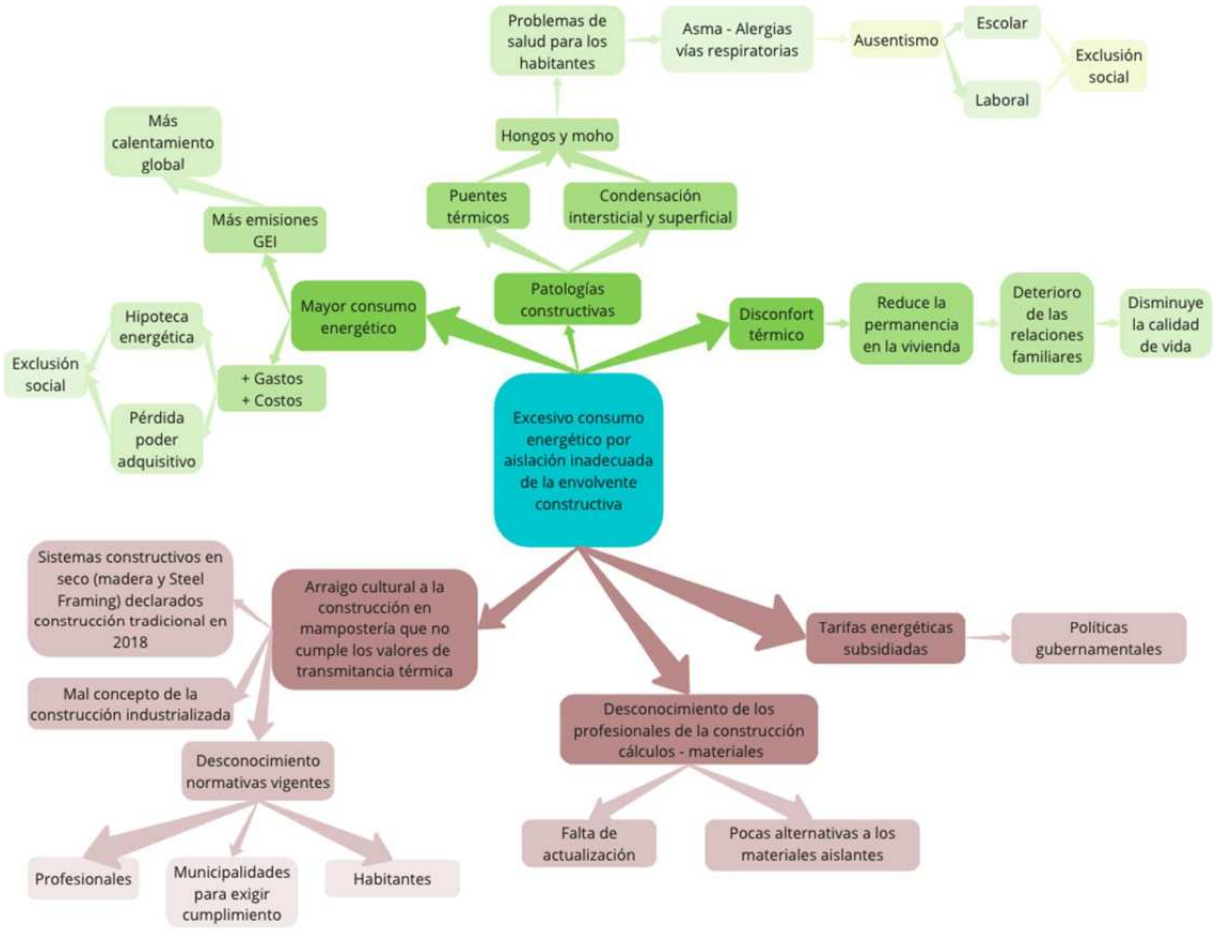
Problemáticas

En Argentina por su apego cultural a la construcción en mampostería tradicional gran parte del parque edilicio carece de aislamiento térmico adecuado, con el consiguiente incremento de consumo energético, con mayor impacto en la población vulnerable para quienes se transforma en una “hipoteca energética” la carga constante del costo mensual de climatización, e impactos en la salud de los habitantes por las patologías que ocasionan hongos y moho. Esta situación se vincula con materiales inadecuados, falta de normativas y escasa capacitación profesional. Sus causas y consecuencias se representan en un árbol de problemas (Núñez Berté et al., 2024) (Figura 1).

Por otro lado, existe la problemática de la lana gruesa sin valor textil. Si bien hay ejemplos internacionales de aplicación de lana de oveja para aislaciones, particularmente se analizó la situación de la Provincia de Buenos Aires, con las características del territorio y el contexto

socio económico de pequeños productores de la agricultura familiar, y se realizó un plan de experimentación para producir muestras de mantos aislantes de lana de oveja que fueron sometidos a diversos ensayos.

Imagen 1: Árbol de problemas para el excesivo consumo energético por aislación inadecuada de la envolvente constructiva



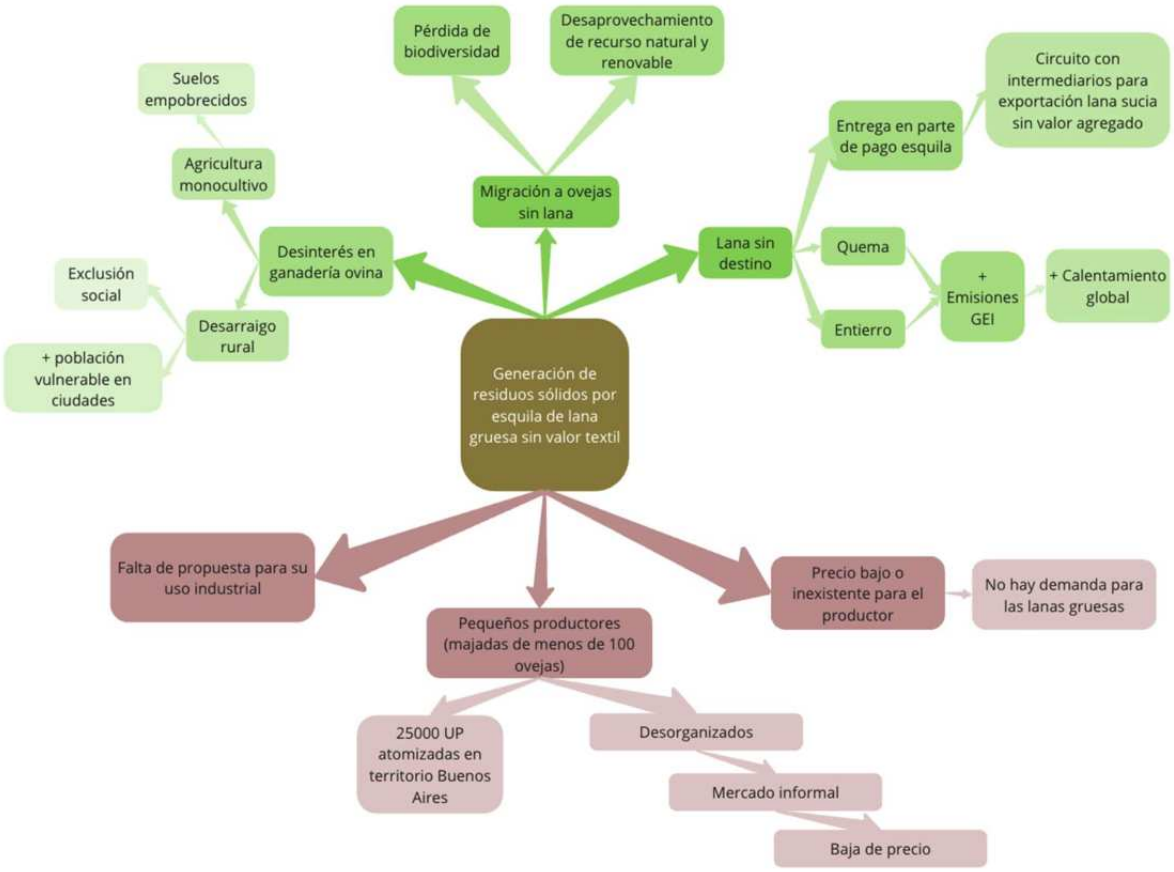
Fuente: Nuñez Berté et al. (2024). Pág 70

De acuerdo con el Plan Ganadero Ovino Provincia de Buenos Aires 2011-2023, desarrollado por UEP Ley Ovina Buenos Aires, (Faverio, Galán, Brandi et al, 2019) se destacan los siguientes datos:

En Buenos Aires, el marcado descenso del stock ovino desde los años sesenta, fue desplazando la producción hasta quedar casi solamente para pequeñas majadas destinadas al

autoconsumo. Una producción atomizada donde el 97% de las UP posee majadas de menos de 500 cabezas y según SENASA al 2016 contabiliza 25111 Unidades Productivas (UP) (SENASA, 2016). La lana gruesa carece de valor textil, un problema para los pequeños productores quienes deben quemarla, enterrarla o darla en parte de pago por la esquila. Las estadísticas del informe estiman la producción anual de lana gruesa y cruza gruesa alrededor de 4000 TN correspondientes a 1.024.000 ovinos adultos considerando una producción de 4 kilos de lana por animal, llegando a un total aproximado de más de 4 millones de kilos anuales.
Para comprender la problemática de la lana gruesa en la región se presenta el siguiente gráfico. (Imagen 2)

Imagen 2: Árbol de problemas acerca de la generación de residuos sólidos por la esquila de lana gruesa sin valor textil



Fuente: Nuñez Berté et al. (2024). Pág 73

Objetivos

El presente estudio tiene como objetivo verificar la eficacia de los mantos aislantes térmicos elaborados a partir de lana de oveja, disponible en el territorio de la Provincia de Buenos Aires, como una alternativa viable en el ámbito del aislamiento natural y sostenible. Si bien los mantos también tienen características fono absorbentes, solo se analizarán las propiedades térmicas, como la conductividad térmica y la resistencia térmica, y establecer una comparativa con los aislantes convencionales. La investigación se fundamentará en ensayos estandarizados que permitirán cuantificar de manera precisa el desempeño aislante de los productos en estudio. A través de este análisis, se pretende contribuir al conocimiento sobre opciones de aislamiento sostenible que no solo cumplan con los estándares requeridos, sino que también promuevan un enfoque más ecológico en la construcción y rehabilitación de espacios habitables.

Metodologia

La metodología aplicada comprende la descripción la problemática de lana gruesa en la Provincia de Buenos Aires y la caracterización de los mantos aislantes termo acústicos y el velo liviano de lana de oveja cuyos valores se analizan.
Los resultados de los ensayos de resistencia y conductividad térmica efectuados en INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) ejecutados según los procedimientos de medición de Transmisión del Calor en Régimen Estacionario mediante el medidor de Gradiente Térmico: ISO 8301:1991/Amd 1:2010, ASTM C518:2021 e IRAM 1860:2002, para muestra de 50 y 3 mm de espesor previamente caracterizadas.

Caracterización mantos aislantes termo acústicos de lana oveja gruesa

Los mantos aislantes termo acústicos de lana de oveja estudiados tienen un proceso textil de agujado no tejido y se presentan en un espesor de 50 mm, y un velo liviano de 3 mm. La lana utilizada es de 28 micrones o superior de espesor, color variado, con un proceso de lavado industrial, un tenor graso = o menor al 0,5 % y el agregado de sales minerales que le confiere resistencia al fuego y al ataque de polillas. Se prepararon muestras de 30 x 30 cm de acuerdo a lo solicitado por INTI.

Ensayos de resistencia y conductividad térmica

La fibra de lana es utilizada en vestimenta por su poder aislante térmico, sea frío o calor. Con respecto a la incidencia de los valores de resistencia térmica y el grosor de las fibras de lana, que varía según diversos factores, entre ellos las razas. Según Dodu en su Manual de Ingeniería Textil a mayor grosor mejor comportamiento térmico por el espacio con aire que contiene la fibra. (Florea et al., 2019).
En un análisis comparativo sobre el comportamiento térmico de lanas de distintas razas y de distintos espesores, de Ghermezgoli et al., (2021), se puede verificar que a mayor grosor de la fibra menor conductividad térmica, en este caso para la muestra de 34,5 micrones perteneciente a la raza Ghezel, de acuerdo a los valores expresados en la Tabla 1

Tabla 1: Conductividad y Resistencia Térmica de Muestras de Lanas de Diversas Razas.

Muestra	Gh	Ar	ArGh1	ArGh2
Temperatura de estado estacionario del lado frío (C°)	31.51	34.22	32.53	33.17
Coeficiente de conductividad térmica (W/mk)	0.0322	0.0386	0.0345	0.0373
Resistencia térmica m2 K/W	0.178	0.148	0.166	0.153
Diámetro de la fibra	34.5 (3.1)	22.7 (2.3)	30.1 (2.5)	26.6 (3.3)

Elaboración propia. Fuente: Ghermezgoli et al. (2021) https://researchgate.net/publication/347459796_Sound_Absorption_and_Thermal_Insulation_Characteristics_of_Fabrics_Made_of_Pure_and_Crossbred_Sheep_Waste_Wool Pág. 9

Metodología del ensayo

Según el ensayo O.T. N° 22400002209 del 16-05-2022 de INTI, de Resistencia térmica IRAM 1860:2002.
La medición de la Resistencia térmica del material suministrado se efectuó siguiendo el método de Ensayo de las Propiedades de la Transmisión del Calor en Régimen Estacionario mediante el medidor de Gradiente Térmico, de acuerdo a los lineamientos establecidos en las Normas: ISO 8301:1991/Amd 1:2010 (Thermal insulation. Determination of steady-state thermal resistance and related properties. Heat flow meter apparatus).
ASTM C518:2021 (Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by means of the Heat Flow Meter Apparatus).
IRAM 1860:2002 (Materiales aislantes térmicos. Método de ensayo de las propiedades de transmisión térmica en régimen estacionario, mediante el aparato de medición del flujo de calor).

Para una muestra caracterizada de manto de aislamiento termoacústico de lana de oveja gruesa, con un espesor 50 mm y una densidad de 14,5 Kg/m3, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2: Resultados del ensayo O.T. N° 22400002209 INTI. Resistencia Térmica manto de Lana de oveja industrializada 50 mm

Material		Lana de oveja industrializada
Identificación usuario		Manto de aislación termo acústica de lana de oveja- Espesor aproximado 50 mm - Densidad 10 - 14 Kg/m3
Identificación del laboratorio		CT-54001-22
Espesor de 1 (una) muestra		0,050 m
Densidad aparente de la muestra		14,5 Kg/m3
Temperatura media a ensayar 20 °C		
Caudal térmico		18,3 W/m2
temperatur	Placa caliente	30,47 °C
	Placa fría	10,40 °C
	Diferencia entre placas	20,07 °C
	Media de ensayo	20,43 °C
Conductividad térmica (λ)		0,0457 W/m.K

Fuente: Ensayo O.T. N° 22400002209 INTI (2022)

La conductancia térmica (C) de una manta, se calcula como el flujo de calor que atraviesa la muestra por unidad de superficie, cuando la diferencia de temperatura es unitaria. La determinación para 1 (una) manta de lana de oveja industrializada analizada de 50 mm de espesor, resulta:

CONDUCTANCIA TÉRMICA (C)= 0,91 W/m2.K

La Resistencia Térmica (R) de una manta, considerada de superficie a superficie, se calcula como la recíproca de la conductancia térmica obtenida anteriormente. Esto es:

RESISTENCIA TÉRMICA (R) = 1,09 m2.K/W

El ensayo OT 2240002208 (bajo los mismos parámetros descritos en el anterior reporte, se aplicaron a una muestra de velo liviano de lana de oveja de 3 mm de espesor y se obtuvo el presente resultado: (Tabla 3)

La conductancia térmica (C) de una placa, se calcula como el flujo de calor que atraviesa la muestra por unidad de superficie, cuando la diferencia de temperatura es unitaria. La determinación para 1 (un) fieltro lana de oveja industrializada analizada de 3,2 mm de espesor, resulta:

CONDUCTANCIA TÉRMICA (C) = 10,53 W/m².K

La Resistencia Térmica (R) de una placa, considerada de superficie a superficie, se calcula como la recíproca de la conductancia térmica obtenida anteriormente.

RESISTENCIA TÉRMICA (R) = 0,10 m².K/W

Tabla 3: Resultados del ensayo O.T. N° 22400002208 INTI. Resistencia Térmica manto de lana de oveja industrializada 3 mm

Material		Lana de oveja industrializada
Identificación usuario		Velo liviano de lana de oveja- Espesor aproximado 3mm - Densidad 160 - 200 gr/m2
Identificacón del laboratorio		CT-54002-22 al CT-54005-22
Espesor de 1 (una) muestra		0,0032 m
Densidad aparente de la muestra		51,1 Kg/m3
Temperatura media a ensayar 20 °C		
Caudal térmico		54,4 W/m2
temperatur	Placa caliente	30,21 °C
	Placa fría	9,37 °C
	Diferencia entre placas	20,84 °C
	Media de ensayo	19,79 °C
Conductividad térmica (λ)		0,0337 W/m.K

Fuente: Ensayo O.T. N° 22400002208 INTI (2022)

Resultados y discusión

Para efectuar la comparativa de valores de conductividad obtenidos en los ensayos de los mantos aislantes y los materiales aislantes tradicionales se toma como referencia la ¨Tabla de valores de conductancia térmica de la norma IRAM 11601 Aislamiento térmico de edificios, Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario". (2002) y se elabora la Tabla 3 sumando los valores obtenidos para los mantos y velos de lana de oveja.

Cabe recordar que la conductividad térmica de un material es independiente de su espesor. Cuanto menor es su valor, mejor es su comportamiento como aislante pues es menos conductor.

El valor de Conductividad Térmica (λ) de los mantos de lana de oveja y de la lana de vidrio a iguales densidades es equivalente, y con respecto a la lana mineral presenta un mejor desempeño, en tanto que el poliestireno expandido con menor densidad 25 Kg/m3 equipara el (λ) de la lana de oveja con densidad de 50-70 Kg/m3.

Tabla 3: Materiales aislantes térmicos y sus valores de conductividad térmica

MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS		
Material	Densidad Kg/m3	(λ) W/m.k
Lana de oveja	11 - 14	0,045
	50 - 70	0,033
Lana de vidrio	8 - 10	0,045
	11 - 14	0,043
	15 - 18	0,040
	19 - 30	0,037
	31 - 45	0,034
	46 - 100	0,033
Lana mineral	30 - 50	0,042
	51 - 70	0,040
	71 - 150	0,038
Poliestireno expandido (en planchas)	15	0,037
	20	0,035
	25	0,033
	30	0,032

Elaboración propia con datos de Norma IRAM 11601 (2002) y datos propios de ensayos en INTI de mantos de lana de oveja

Conclusiones

Los valores de los mantos o velos de lana de oveja en distintos formatos varían entre 0.0337 W/m.K hasta 0.0457 W/m.K, que se encuentran dentro del rango de valores de los aislantes convencionales fibrosos.

El diferencial en el comportamiento higrotérmico de los mantos aislantes de lana de oveja es su capacidad higroscópica. La principal diferencia de las aislaciones convencionales (lana de vidrio, de roca mineral, de poliéster, EPS, poliuretano) con las de fibras naturales, por ejemplo, fibras de madera, de celulosa, cáñamo, algodón, etc. es que son permeables al vapor y pueden regular la humedad del aire interior a través de su capacidad de absorción de humedad interior (Parlatto, et al., 2020). Asimismo, en el mismo estudio se presentan datos de la cantidad de energía incorporada, siendo la lana de oveja 0.11 Gj/m3, Lana de vidrio 0.83 Gj/m3 (655% superior) y Espuma de Poliuretano 3.03 Gj/m3 (2655% superior).

Otras diferencias con los aislantes convencionales es el origen de la materia prima, natural y renovable comparado con derivados del petróleo o de recursos abundantes, pero no renovables como la arena. Por otra parte, alineado con la economía circular el uso de lana gruesa sin valor textil convierte un residuo sólido rural, cuya incorrecta disposición final

enterrada o quemada conlleva un impacto ambiental negativo, para producir mantos aislantes para mejorar la eficiencia energética de las envolventes constructivas.

El mayor aporte de los mantos aislantes es su potencial impacto socio económico en el territorio de la provincia de Buenos Aires, al dar valor a un residuo mejorando la cadena productiva ovina primaria (Nuñez Berté et al, 2021)
Si bien el presente estudio solamente se enfoca en las propiedades térmicas, también hay numerosos estudios sobre su comportamiento acústico tanto fono absorbente y también en ensamblajes de tabiques en seco para reducir la transmisión al ruido aéreo, presentando valores similares o equivalentes a los materiales convencionales. Vechiatti et al, (2023-2024)

Es necesario detectar soluciones innovadoras para la construcción alineadas con la economía circular y la descarbonización para aportar a un futuro sustentable, y caracterizarlos para que puedan ser comparados con materiales aislantes convencionales.

Referencias

Faverio, I. Galán, N., Brandi, L., Lamboglia M., Correa, S. **Plan Ganadero Ovino Provincia de Buenos Aires 2016-2023**. [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/d_ovinos/informes_/nacionales/_archivos/000001_Buenos%20Aires/000000_Plan%20Ganadero/000000_Plan%20Ganadero%20Ovino%20de%20Bs%20As%202016-2023.pdf. Acesso em: 2 jan. 2025.

Florea, I.; manea, D. L. **Analysis of thermal insulation building materials based on natural fibers. Procedia Manufacturing**, [S.l.], v. 32, p. 230–235, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.207. Acesso em: 1 nov. 2024.

Ghermezgoli, Z. Moessi, M.; Yekrang, J., Rafat S., Soltani, P., Barez, F. **Sound absorption and thermal insulation characteristics of fabrics made of pure and crossbred sheep waste wool.** Journal of Building Engineering, [S.l.], v. 35, 102060, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.102060. Acesso em: 17 fev. 2025.

International Energy Association; International Renevable Energy Agency, Marrakech Partnership; **Un climate change high level champions**. The Breakthrough Agenda Report *2023*. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: https://www.iea.org/corrections. Acesso em: 20 jan. 2025.

IRAM. **IRAM N.º 11601** – Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. Buenos Aires: IRAM, 2002.

MATHEW, A., Burrows, V., Richardson, E., Drinwater, J. **Reducción de las emisiones de carbono: acción coordinada del sector de la edificación y la construcción para hacer frente a las emisiones de carbono incorporado.** [S.l.]: World Green Building Council, 2019. Disponível em: https://www.worldgbc.org/embodied-carbon. Acesso em: 25 apr 2025

Nuñez Berté, A.; Evans, M. J.; Fernández Luco, L. **Bio aislación termo acústica de lana de oveja de descarte y su contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS**. In: MACDES 2022. *20 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura*, 2020.

Nuñez Berté, A.; Evans, M. J.; Fernández Luco, L. **Impacto de la decisión proyectual de materiales de construcción. Caso de estudio**. [S.l.: s.n.], 2024. [Não publicado].

Parlato, M. C. M.; Porto, S. M. C. **Organized framework of main possible applications of sheep wool fibers in building components.** Sustainability, [S.l.], v. 12, n. 3, p. 761, 2020a. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su12030761. Acesso em: 3 fev. 2025.

Parlato, M. C. M.; Porto, S. M. C. **Organized framework of main possible applications of sheep wool fibers in building components.** Sustainability *(Switzerland)*, [S.l.], v. 12, n. 3, 2020b. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su12030761. Acesso em: 20 jan. 2025.

Vechiatti, N., Iasi, F., Tomeo D., Nuñez Berté, A. **Propiedades acústicas de mantos de lana de oveja de descarte**. In: ADAA 2023. Actas del Congreso AdAA 2023. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1dWtyQ_XLyLp4EQ0HfqJZ5IJyenFWcC4d/view. Acesso em: 25 apr 2025.

Vechiatti, N., Iasi, F., Galarza, P., Armas, A., Tomeo D., Nuñez Berté, A. **Caracterización fonoabsorbente de mantos de lana rústica de oveja**. In: *FIA 2024*. [S.l.: s.n.], 2024a. Disponível em: https://www.fia2024.cl/. Acesso em: 25 apr 2025.

Vechiatti, N., Iasi, F., Galarza, P., Armas, A., Tomeo D., Nuñez Berté, A. **Estudio comparativo de mediciones de absorción sonora según tres métodos normalizados.** In: *FIA 2024*. [S.l.: s.n.], 2024b. Disponível em: https://www.fia2024.cl/. Acesso em: 25 apr 2025.