

# Uso del corcho como aislante térmico en viviendas prefabricadas – Caso de Estudio: Ticlio Chico

## Use of cork as thermal insulation in prefabricated houses – Case of study: Ticlio Chico

Recibido: 09 de agosto de 2021 | Revisado: 29 de setiembre de 2021 | Aceptado: 27 de octubre de 2021

Alexandra Yunek López Villanueva<sup>1, a</sup>  
Maddeley Elizabeth Yucra Ayala<sup>1, b</sup>  
Noemi Gloria Cisneros Echavarría<sup>1, c</sup>  
Gabiella Acuña del Carpio<sup>1, d</sup>

### ABSTRACT

Global climate change and especially the extreme cold scenarios observed in recent year shave seriously affected the most vulnerable areas of our country. Homes built with inadequate materials and the inability to use heating mechanisms have a direct impact on the health of its inhabitants. Therefore, these homes are required to be energy efficient with inexpensive systems. The main objective of this research is to evaluate the efficiency of the use of cork boards as cladding in the interior of prefabricated houses. The case study is AA. HH Ticlio Chico, where low temperatures, relative humidity close to 100% and thermal sensation of approximately 10 °C are reached. The experimental test of three prototypes of houses on a reduced scale with different thicknesses of cork boards subjected to temperature variations was carried out. Then, a thermal dynamic analysis of the numerical model of the prototype was performed. Finally, the results of temperature records obtained experimentally and numerically were analyzed, thus determining the efficiency of the use of cork boards. This research contributes to achieving thermal comfort in prefabricated homes in the most unprotected areas of the country.

**Keywords:** Thermal comfort, cork board, prefabricated house.

### RESUMEN

El cambio climático mundial y especialmente los escenarios de frío extremo observados en los últimos años han afectado seriamente las zonas más vulnerables de nuestro país. Las viviendas construidas con materiales inadecuados y la incapacidad de utilizar mecanismos de calefacción, generan un impacto directo sobre la salud de sus pobladores. Por lo tanto, se requiere que estas viviendas sean eficientes energéticamente con sistemas económicos. El principal objetivo de esta investigación es evaluar la eficiencia del uso de planchas de corcho como revestimiento en el interior de viviendas prefabricadas. El caso de estudio es el AA. HH Ticlio Chico, donde se alcanzan bajas temperaturas, humedad relativa cercana al 100% y sensación térmica aproximada de 8.5°C. Se realizó el ensayo experimental de tres prototipos de vivienda a escala reducida con diferentes espesores de planchas de corcho sometidos a variaciones de temperaturas. Luego, se realizó un análisis dinámico térmico del modelo numérico del prototipo. Finalmente, se analizaron los resultados de registros de temperaturas obtenidos experimental y numéricamente, determinando así la eficiencia del uso de planchas de corcho. Esta investigación contribuye para alcanzar el confort térmico en viviendas prefabricadas en las zonas más desprotegidas del país.

**Palabras clave:** Confort térmico, plancha de corcho, vivienda prefabricada.

Filiación: <sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Lima, Perú

<sup>a</sup> Correo: 2017017007@unfv.edu.pe

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2853-9644>

<sup>b</sup> Correo: myucra@unfv.edu.pe

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9924-3819>

<sup>c</sup> Correo: 2017007323@unfv.edu.pe

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6696-8311>

<sup>d</sup> Correo: 2017000148@unfv.edu.pe

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0995-4102>

DOI: <https://doi.org/10.24039/cv2021921183>



## Introducción

En la actualidad, estamos enrumados en la búsqueda del uso eficiente de energía, agua y otras fuentes naturales junto con la reducción de los desperdicios y contaminación ambiental; es así que en la construcción de edificios se pretende utilizar materiales sostenibles (reutilizados, reciclados o renovables). Por esta razón, existe especial importancia en el estudio de materiales renovables, tales como, piedra, madera o corcho, combinando sus propiedades de durabilidad, estética y reciclabilidad (Knapic et al., 2016).

Uno de los problemas más severos que afrontan las poblaciones de las zonas más vulnerables es su exposición a los efectos del friaje, sumado a construcciones de viviendas con materiales no adecuados y escasos recursos económicos que no permiten el acceso a sistemas artificiales de calefacción; es así que resulta esencial sumar esfuerzos en la investigación para mejorar el confort térmico.

El desempeño térmico de un material se puede calificar a partir de propiedades tales como, conductividad térmica, capacidad calorífica, resistencia térmica, entre otras. La conductividad térmica determina la facilidad con la que el calor se transmite por conducción a través del material, cuanto menor sea su valor, mejor se retiene el calor y presenta un mejor rendimiento. La capacidad calorífica representa la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un material, cuanto mayor sea, mejor aislante térmico será. Por otra parte, la resistencia térmica se refiere a la capacidad de un sistema para resistir la transferencia de calor, un valor bajo corresponde a un mal aislante térmico; su inversa es la conductividad térmica (Al-Homoud, 2005).

Los materiales convencionales de aislamiento (lana de roca, poliestireno expandido, poliestireno extruido, lana de oveja y kenaf) presentan un coeficiente de conductividad térmica que oscila en el rango de 0.031 a 0.054 (W/m\*K). Los mismos valores se pueden conseguir con materiales no convencionales y sostenibles tales como algodón, vidrio reciclado, fibras textiles, paja, cañas, etc. (Asdrubali et al., 2015). Un material con un gran aporte en el desarrollo sostenible de las construcciones actualmente es el bambú. Éste es una hierba leñosa gigante que presenta una cavidad llena de aire, el cual se caracteriza por su baja conductividad térmica; sin embargo, es un material heterogéneo con variaciones físicas, mecánicas y térmicas que hacen difícil su industrialización (Bonivento et al., 2017).

En la presente investigación se utilizó como material principal el corcho. El corcho se obtiene de la corteza del alcornoque (*Quercus suber* L.) y se caracteriza por una morfología formada por pequeños huecos prismáticos hexagonales apilados en filas (Pereira, 2011). El corcho como materia prima tiene una gran variedad de aplicaciones debido a su alto coeficiente de fricción, elevada absorción de energía, excelentes propiedades de aislamiento térmico y coeficiente de poisson cercano a cero, entre otras (Silva et al., 2005).

El corcho se puede utilizar en la construcción en cuatro formas; como tablonc de corcho sin procesar, corcho granulado, corcho aglomerado compuesto de gránulos de corcho y resina y aglomerados de corcho sin resina (Knapic et al., 2016).

Las planchas de corcho aglomerado tienen como principales aplicaciones el aislamiento térmico, absorción acústica y amortiguamiento de vibraciones (Silva et al., 2005). En un estudio comparativo de seis planchas de corcho aglomerado con diferentes densidades, granulometrías y espesores, se determinó que, al incrementar la densidad de las planchas de corcho aglomerado, la conductividad tiende a incrementarse, en tanto que la capacidad calorífica disminuye. (Barreca y Fichera., 2016).

Existen algunas alternativas para la aplicación del corcho como aislante térmico en la fabricación de muros, una de ellas propone un muro de 20cm de espesor que tiene 2 planchas gruesas formadas por varias capas de corcho aglomerado con dos cavidades de aire y una capa de madera aglomerada de caucho intermedia (OSB). Este muro presenta un valor de transmitancia térmica de 0.12 W/(m<sup>2</sup>/K), lo que significa un muro bien aislado, este valor se podría alcanzar con muros de ladrillo de 50 cm aislados con al menos 5cm de lana de roca (Barreca et al., 2018). El uso de madera y paneles de corcho aglomerado de varias capas como materiales principales para la construcción de un prototipo de refugio ante emergencias humanitarias ha evidenciado el aprovechamiento de las diversas propiedades del corcho, además de su capacidad para construir cualquier geometría y sin mano de obra calificada. (Barreca y Tirella, 2017).

Su capacidad como retardante de fuego se puede mejorar si se realiza un tratamiento combinado con nano-compuestos ecológicos. (García et al., 2017). Además, es posible elaborar compuestos sostenibles a partir de corcho y diferentes materiales biodegradables

termoplásticos con gran potencial de aplicación en el área automotor y la industria de la construcción (paneles de aislamiento térmico) (Vilela et al., 2013), aunque el costo adicional siempre será un factor determinante.

En esta investigación se pretende contribuir al confort térmico de viviendas prefabricadas en el Perú. Se utilizarán las planchas de corcho aglomerado para aprovechar sus propiedades térmicas, su bajo costo y fácil acceso en el mercado peruano. Si bien existen algunas alternativas de muros que utilizan como principal fuente de aislamiento de calor el corcho en sus diferentes estados, estos sistemas pueden requerir un asesoramiento especializado para su fabricación e instalación. Por lo tanto, se plantea utilizar estas planchas como revestimiento interior simple pero que sean eficientes energéticamente.

## Método

El desarrollo de esta investigación se delimitó a la zona denominada Ticlio Chico y se inició con un registro de imágenes y videos aéreos. Luego se realizó un estudio comparativo de la capacidad térmica de planchas de corcho aglomerado de diferentes espesores. Finalmente, se realizaron ensayos experimentales de un prototipo de vivienda a escala reducida revestida con planchas de corcho y el análisis numérico del mismo prototipo a escala real para valorar su comportamiento frente a bajas temperaturas.

## Descripción de la zona de estudio

La zona de estudio se presenta un área de 12800m<sup>2</sup> en el asentamiento humano Villa Gozen, conocido también como Ticlio Chico, ubicado en el distrito de Villa María del Triunfo en la ciudad de Lima. El clima se caracteriza por la neblina, temperaturas frías y lloviznas; en el invierno la temperatura mínima es 10°C, la humedad relativa máxima es de 99% y la sensación térmica llega hasta 8.5°C. (DESCO, 2014).

El reconocimiento del tipo de viviendas, materiales y condiciones del terreno se realizaron a partir de sobrevuelos con dron, registrándose treinta imágenes aéreas, un video y una reconstrucción 3D de la zona. La vivienda típica se caracteriza por construcciones con muros de triplay o madera y losas de calamina, madera, estera o cartón (Figura 1), materiales que no son apropiados para las condiciones climáticas que debe afrontar su población.

**Figura 1**

*Registro fotográfico de la zona de estudio en Ticlio Chico*



*Nota.* Se observa la vivienda típica en la zona de estudio, la mayoría son viviendas prefabricadas y solo en algunos casos las construcciones son de albañilería.

## Selección de espesores de planchas de corcho

La determinación de los espesores que presentan mejores propiedades de aislamiento térmico se realizó a partir de ensayos en nueve planchas de corcho aglomerado de uso comercial. Se utilizaron planchas de espesores de 2mm, 3mm, 6mm, 9mm y 12mm de la distribuidora N1 (Veyser EIRL), y planchas de espesores de 2mm, 5mm, 6mm y 12mm de la distribuidora N2 (DLS comercial EIRL).

Cada una de las planchas de corcho se utilizó para construir cubos de 10cm de lado y en una de sus caras se realizó un agujero de 3cm de diametro para insertar el instrumento de medición. Luego, estos cubos fueron sometidos a una temperatura de 8°C durante cuatro horas. Las planchas de corcho de espesores de 2mm y 3 mm de la distribuidora N1 y las planchas de espesor de 2mm de la distribuidora N2 exhibieron mejores propiedades térmicas.

## Ensayo experimental de prototipos de vivienda

Se construyeron tres prototipos de una vivienda de un nivel y de dimensiones de 6mx10m, a escala reducida 1/50 con la siguiente distribución; dos habitaciones, una cocina, un baño y una sala. Los tres prototipos se construyeron de triplay de 15mm de espesor y cada uno fue revestido interiormente con las planchas de corcho de los espesores seleccionados (N1-2mm, N1-3mm y N2-2mm). Después cada prototipo fue sometido a una temperatura externa de 0°C por 8 horas.

**Figura 2**  
*Prototipo P-1 revestido interiormente con corcho NI-2mm.*



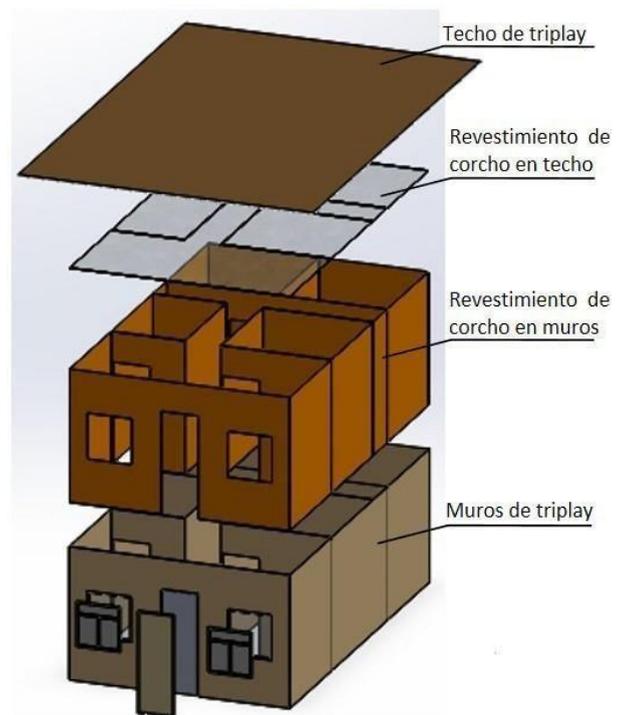
*Nota.* En la figura se muestra el prototipo P-1 a escala reducida revestido con corcho 2mm de la distribuidora N1 durante el registro de temperaturas. Además, se señala la distribución de espacios, mas no se visualiza el techo de la vivienda.

## Modelamiento numérico

Se realizó un modelo de elementos finitos del prototipo de vivienda a escala real revestido interiormente con planchas de corcho N1-2mm en el programa Solidworks 2020. Todos los elementos se modelaron con características isotrópicas elásticas lineales. Cada elemento de la malla es de tipo cuadrático de orden alto y en total se tienen 4087 elementos. Luego, se realizó una simulación de la transferencia de calor por conducción entre el triplay y el corcho, y la transferencia de calor por convección entre el exterior del prototipo y triplay.

Las características mecánicas y térmicas de los materiales de la vivienda empleados en la simulación se presentan en la Tabla 1. El modelo fue sometido a una temperatura externa de 8°C y a una temperatura interna de 15°C por un tiempo de ocho horas y el coeficiente de transferencia de calor por convección utilizado fue de 24 W/m<sup>2</sup>C.

**Figura 3**  
*Vista desintegrada del modelo a escala real en Solidworks.*



*Nota.* En la Figura 3 se muestra el ensamblaje de muros y techo de ambos materiales.

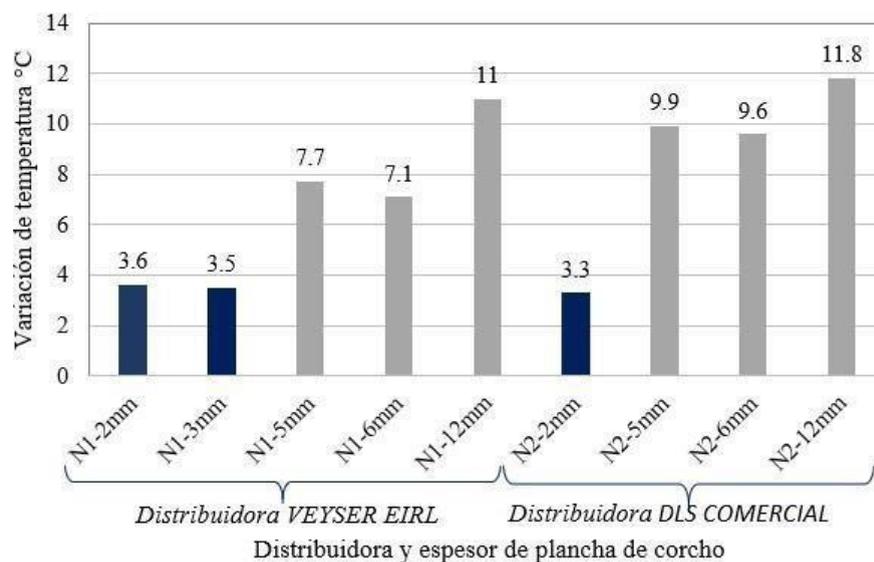
**Tabla 1**  
Características mecánicas y térmicas de los materiales

Material	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Módulo de Elasticidad (N/mm <sup>2</sup> )	Conductividad Térmica (W/m.k)	Calor Específico (K.J/kg.°C)
Triplay	420	4000	0.14	8.39
Corcho	100/120	5	0.037/0.04	1.67

## Resultados

En la Figura 4 se muestran los resultados de la diferencia entre los registros de temperatura antes y después de realizar los ensayos en los cubos construidos con las nueve muestras de planchas de corcho cuando son sometidos a una temperatura de 8°C durante cuatro horas. Estos resultados varían desde 3.3°C a 11.8°C. En la Figura 4 se muestran en color azul las variaciones de temperaturas menores a 4°C, las cuales corresponden las planchas de espesores de 2mm y 3mm de la distribuidora N1 y las planchas de 2mm de la distribuidora N2.

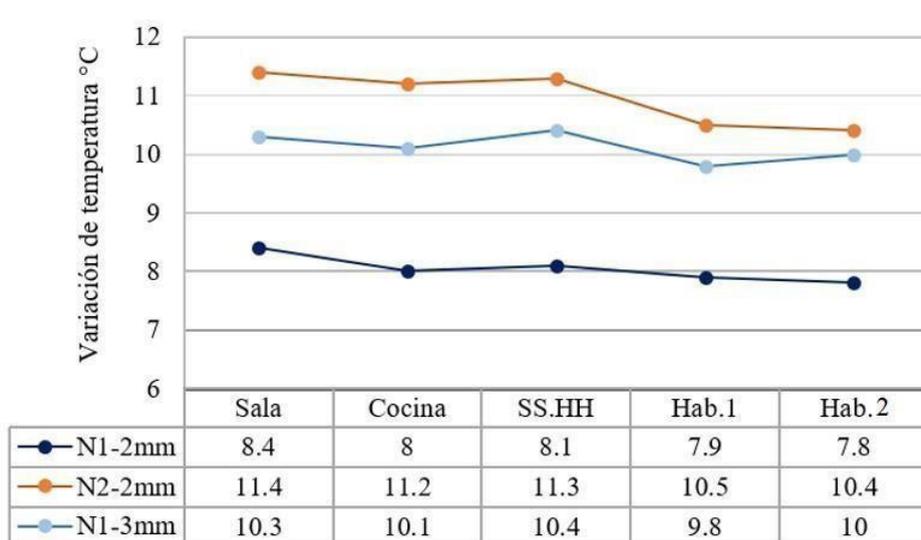
**Figura 4**  
Variación de temperatura de las nuevas muestras de planchas de corcho.



Los tres prototipos de vivienda revestidos interiormente con las planchas de corcho N1-2mm, N1-3mm y N2-2mm fueron sometidos a una temperatura de 0°C durante ocho horas. En la Figura 5 se muestran las diferencias entre los registros de temperatura antes y después de los ensayos de los tres prototipos, registrados en cada uno de los cinco ambientes.

**Figura 5**

*Variación de temperatura en cada ambiente de los tres prototipos construidos.*

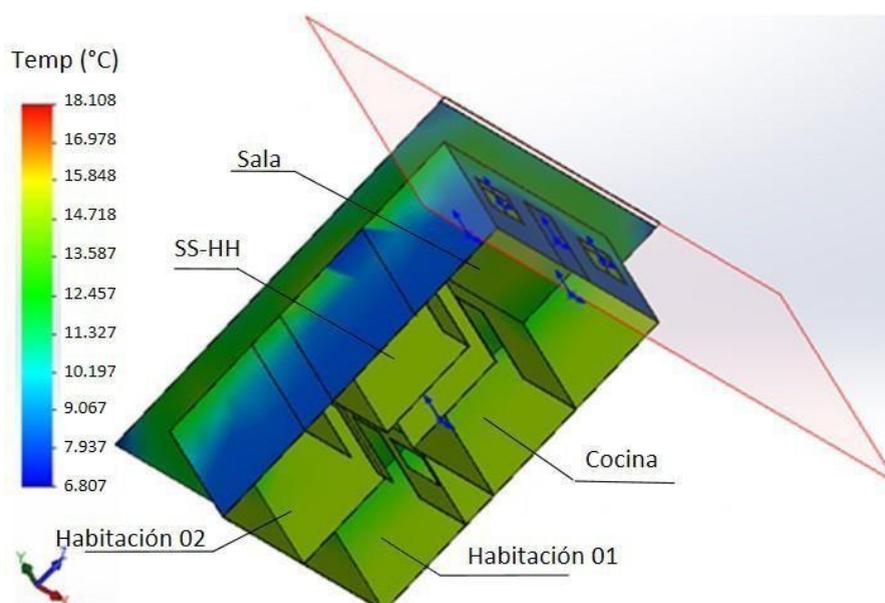


Considerando solo la temperatura promedio en toda la vivienda, se presenta la menor variación de temperaturas en el prototipo N1-2mm (8.04°C); es decir, brinda mayor aislación térmica respecto a los otros prototipos.

Después de realizar el análisis dinámico térmico y someter el modelo numérico de la vivienda a una temperatura de 8°C en el exterior durante ocho horas se obtiene la respuesta de temperaturas registradas en el interior de la vivienda revestida interiormente con planchas de corcho de 2mm de espesor, como se observa en la Figura 6.

**Figura 6**

*Temperaturas en el interior del modelo de la vivienda*



Los resultados del promedio de temperaturas por ambiente y la variación respecto a la temperatura ambiente inicial en el interior de la vivienda se muestra en la Tabla 2. Se observa que en promedio la temperatura final en el modelo fue de 14.63° C y respecto a la temperatura inicial de 15° C se tiene una variación de temperatura de 0.36°C.

**Tabla 2***Temperaturas promedio en el interior del modelo de vivienda por ambiente.*

Ambiente	Temperatura Final (°C)	Variación de Temperatura (°C)
Sala	14.52°	0.48°
Cocina	14.85°	0.15°
Habitación 01	14.53°	0.46°
Habitación 02	14.54°	0.46°
SSHH	14.73°	0.27°
<b>T° promedio en el prototipo</b>	<b>14.63°</b>	<b>0.36°</b>

*Nota.* La tabla muestra las temperaturas en cada ambiente después del análisis dinámico térmico.

## Discusión

En la presente investigación aceptamos la necesidad de buscar e incluir materiales con propiedades aislantes, económicos, de fácil instalación y eco-sostenibles en la construcción de viviendas, así como lo menciona Knapic et al. (2016). Años atrás, en su investigación Silva et al. (2005) describe las propiedades que reflejan que el corcho es una materia prima a la que se le puede dar múltiples usos, por lo que destacamos en este trabajo sus altos niveles de absorción de energía y aislamiento térmico.

Recientemente, se le está dando mayor validez a sus propiedades térmicas a nivel mundial. Así tenemos, por ejemplo, que Castillo et al. (2019) afirma con base en diferentes estudios que el corcho es un material biodegradable que la industria de la construcción necesita conocer, no es tóxico para el ser humano, es sostenible y ecológico, además de brindar confort térmico.

Hoy en día es muy claro que el corcho puede recibir un tratamiento estético y funcional combinando la arquitectura y construcción; en gran medida debido a que es un producto que comercialmente se ha extendido satisfactoriamente desde Portugal y España hacia países de otros continentes y sus costos no son elevados, como lo explica también García-Pereda y Pessoa(2021).

Inicialmente en esta investigación, se evaluó la transferencia de temperaturas de planchas de corcho aglomerado de diferentes espesores. Observándose que las menores variaciones de temperaturas y por lo tanto mejores propiedades de aislamiento térmico se obtienen en planchas de espesores menores a 3mm, como se señala en la Figura 4. Esto se debe a que su configuración es mucho más compacta, lo cual no permite que se transfieran las temperaturas. Una conclusión similar fue dada por Barreca y Fichera(2016), al incrementar la densidad de las planchas de corcho, se incrementa la conductividad y disminuye la capacidad calorífica.

Con los tres grupos de planchas identificados como N1-2mm, N1-3mm y N2-2mm se revistieron interiormente los prototipos de vivienda a escala reducida y se sometieron a una temperatura extrema de 0°C. Como se observa en la Figura 5, las menores variaciones de temperaturas se presentan en el prototipo revestido con las planchas de corcho de 2mm de espesor de la distribuidora N1. La variación de temperatura promedio en la vivienda es de 8.04°C, equivalente al 75% aproximadamente obtenido con los otros prototipos.

De los ensayos experimentales sometidos a una condición de frío intenso por un periodo largo en la zona de estudio se ha determinado que el espesor de 2mm de cualquier proveedor del material presenta buenas características para el aislamiento térmico necesario en el interior de los mismos.

El modelo numérico a escala real revestido interiormente con planchas de corcho se realizó utilizando las propiedades indicadas en la Tabla 1. Este modelo presenta una temperatura inicial interna de 15°C y es sometido a una temperatura externa de 8°C que representa la menor temperatura que se puede registrar en la zona de estudio por un tiempo sostenido de 8 horas. En la Tabla 2, se muestra la temperatura registrada después de las 8 horas en cada ambiente en promedio. La temperatura final promedio en el interior de la vivienda es de 14.63°C, que da una diferencia de 0.36°C con respecto a la temperatura inicial. Esto indica que las planchas de corcho restringieron en 97.6% la transferencia de las frías temperaturas exteriores hacia el interior.

Los tres prototipos presentan dimensiones escaladas, pero tanto el triplay para las paredes y losas como el corcho se utilizaron en dimensiones reales. Prototipos correctamente escalados supondrían una variación en los resultados, pero aun así los mínimos espesores causarían las menores transferencias de temperaturas y se conseguiría el objetivo.

El modelo experimental y numérico no pueden compararse debido a que el prototipo escalado fue sometido a una temperatura extrema solo con la finalidad de evaluar cuál se comportaba con mejores propiedades térmicas. Sin embargo, en el modelo numérico se representó la vivienda a escala real y además se sometió a una temperatura real registrada en la zona y se agregó la variante del tiempo que dura aproximadamente una noche con bajas temperaturas.

## Conclusiones

En esta investigación, se han analizado las viviendas de triplay típicas de las zonas más vulnerables del país, las cuales se caracterizan por no ser resistentes a las bajas temperaturas ni contar con sistemas o mecanismos de calefacción. Por lo tanto, se requiere el uso de materiales con propiedades de aislamiento térmico, absorción acústica e impermeabilidad que sean principalmente económicas, de fácil instalación y eco-amigables.

La alternativa que se propone para solucionar el problema es usar planchas de corcho aglomerado como revestimiento interior en viviendas de triplay y se ha experimentado el proceso de su instalación. Se concluye que no se requiere mano de obra calificada y que se puede instruir fácilmente a la población para que utilice dicha técnica de aislamiento.

Tanto en los ensayos experimentales como en el modelo numérico se verifica que las planchas de espesor de 2mm son las más adecuadas para usarse como revestimiento interior en viviendas de triplay.

Las planchas de corcho aglomerado permitirán mejorar el confort térmico y evitar la transferencia de las bajas temperaturas hacia el interior de las viviendas prefabricadas que están ubicadas en las zonas más afectadas por el cambio climático.

Se recomienda que en futuras investigaciones se mejore el monitoreo de ensayos experimentales en un laboratorio bien equipado, analizando cada una de las propiedades de materiales existentes y nuevos para mejorar el confort térmico de las poblaciones que lo requieren con mayor urgencia.

**Financiamiento:** Financiada por la Universidad Nacional Federico Villarreal. Convocatoria de Investigación Formativa: Tesis, Investigación Formativa y Visibilizando la Investigación en el Aula. RESOLUCIÓN R. N° 7802 -2020-CU-UNFV

**Conflicto de Interés:** Los autores declaran que no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con el mismo.

**Agradecimiento:** La investigación presentada en este artículo fue financiada por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional Federico Villarreal en su Concurso de investigación Formativa 2020 y fue asesorado por la Mg. Ing. Maddeley Yucra Ayala.

Asimismo, agradecemos a las familias López Villanueva, Cisneros Echavarría y Acuña del Carpio por el soporte brindado en el transcurso del proyecto.

## Referencias

- Al-Homoud, M. (2005). Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials. *Building and environment*, 40(3), 353-366. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.05.013>
- Asdrubali, F., D'Alessandro, F., & Schiavoni, S. (2015). A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*, 4, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2015.05.002>
- Barreca, F., & Fichera, C. (2016). Thermal insulation performance assessment of agglomerated cork boards. *Wood and Fiber Science*, 48(2), 96-103. <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/2309>
- Barreca, F., Cardinali, G., Fichera, C., & Practico P. (2018). Utilization of cork residues for high performance walls in green buildings. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 20(1), 47-55. <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/4622>
- Barreca, F., & Tirella, V. (2017). A self-built shelter in wood and agglomerated cork panels for temporary use in Mediterranean climate areas. *Energy and Buildings*, 142, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.003>
- Bonivento, J., Vieira, G., & Togo, I. (2017). Thermal Performance of Bamboo as a Multilayer Insulation Wall.
- DESCO (2014) *Reporte Urbano – Ambiental. Una mirada a la periferia de la ciudad*
- García, A., Julio, M., & Ilharco, L. (2017). A cork–silica xerogel nanocomposite with unique properties. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 83(3), 567-573. <https://doi.org/10.1007/s10971-017-4436-6>
- García-Pereda, I., y Pesa, M. (2021). La utilización del corcho en la construcción: innovación, instituciones y aplicación en Lisboa durante la década de 1940. *Cadernos do Arquivo Municipal*, (16), 33-46. Repositorio digital UPC. <http://hdl.handle.net/2117/351042>
- Knapic, S., Oliveira, V., Machado, J., & Pereira, H. (2016). Cork as a building material: a review. *European Journal of Wood and Wood Products*, 74(6), 775-791. <https://doi.org/10.1007/s00107-016-1076-4>
- Castillo, N., Borja, K. y Sotomayor, S.(2019). Elaboración de un panel aislante térmico a base de cartón y tapones de corcho reciclado para viviendas de interés social en la parroquia El Salto ciudad de Babahoyo, Ecuador. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. Repositorio digital ULVR. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3178>
- Pereira, H. (Ed.). (2011). *Cork: biology, production and uses*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52967-1.X5000-6>
- Silva, S., Sabino, M., Fernandes, E., Correlo, V., Boesel, L., & Reis, R. (2005). Cork: properties, capabilities and applications. *International Materials Reviews*, 50(6), 345-365. <https://doi.org/10.1179/174328005X41168>
- Vilela, C., Sousa, A., Freire, C., Silvestre, A., & Neto, C. (2013). Novel sustainable composites prepared from cork residues and biopolymers. *Biomass and bioenergy*, 55, 1418-155. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.01.029>