

**UNIVERSIDAD DE BELGRANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**  
**INFORMÁTICA**



Tesina

**Análisis de Progresividad para la Vivienda Social de TECHO, utilizando recursos locales y cumpliendo la normativa referida a Habitabilidad según IRAM.**

Autora

Stefanía Peraga  
Ingeniería Civil  
Matrícula 801-07440

Tutor

Lucas German Martinez

Docente de consulta

Alberto Guerçi

## Resumen

TECHO es una organización de la sociedad civil que busca superar la pobreza en asentamientos de Latinoamérica, a través de la acción conjunta entre voluntarios/as y vecinos/as.

En Argentina, TECHO trabaja desde 2003 en la construcción de viviendas de emergencia en barrios populares de Argentina. En vistas de mejorar y ampliar su impacto, comenzó a desarrollar una solución habitacional progresiva e integral llamada VPA (vivienda progresiva accesible), basada en el concepto de una vivienda que, con el mínimo recurso posible, permite resolver el problema de necesidad habitacional, dando al morador la posibilidad de ampliarla y mejorarla técnicamente de acuerdo a sus necesidades. Dicho modelo se basa en tres etapas: primero, la construcción de una estructura resistente de madera basada en el sistema constructivo entramado de madera, luego, agregado de capas para brindar confort higrotérmico y resistencia a la intemperie y por último, instalaciones eléctricas y sanitarias, convirtiéndose así en una vivienda definitiva.

En primera instancia, se definió una zona de interés de nuestro país para analizar las propuestas de vivienda. Se analizó el modelo de vivienda base del sistema VPA situado en esa zona de interés y se relevaron los problemas vinculados a una aislación térmica deficiente.

Se propusieron materiales para cerramientos internos y externos disponibles en la zona de interés, y se propusieron materiales para aislación térmica a partir de materiales reciclados.

Se realizaron ensayos para poder caracterizar los materiales no convencionales.

Con dicha información, se realizaron diversas propuestas de progresividad para la vivienda, que posteriormente fueron analizadas y contrastadas para dar con las opciones de mayor rendimiento térmico.

Se determinaron como mejores rutas de progresividad para cerramientos verticales aquellas que utilizan placas de yeso como cerramiento interno, y tetrapak, cartón o aserrín como aislante térmico, con su correcto tratamiento. Estas opciones no sólo resuelven el desconfort higrotérmico y aumentan la calidad de vida de sus moradores, sino también requieren una inversión baja para su instalación y genera ahorros a futuro en calefacción.

*Palabras clave: hábitat social, vivienda progresiva, condensación superficial, aislación térmica, optimización energética de cerramientos.*

# Índice

Resumen	1
1. Introducción	4
2. Fundamentación, objetivos y alcance	7
3. Marco teórico	10
4. Presentación	27
5. Definición zonas de interés	41
6. Familia y vivienda tipo	50
7. Análisis de las condiciones actuales	51
8. Materiales analizados	65
9. Propuestas de diseño	78
10. Análisis de las propuestas	114
11. Conclusiones	119
12. Recomendaciones	120
13. Bibliografía	122

# 1. Introducción al tema

## 1.1. Emergencia habitacional en América Latina

América Latina es la región en desarrollo más urbanizada<sup>1</sup> y desigual del mundo, donde 104 millones de personas viven en asentamientos populares. Aquí, 1 de cada 4 habitantes de zonas urbanas, vive en un asentamiento, villa, favela o campamento, en situación de pobreza. Aunque no invisibles, pero sí invisibilizadas, estas poblaciones deben subsistir por sus propios medios, con la constante vulneración de sus derechos y la desgastante prueba a su capacidad de resiliencia.

### 1.1.1. Breve caracterización de la emergencia habitacional en Argentina

De acuerdo a las proyecciones al 2015 del último censo nacional realizado por el INDEC, la República Argentina tiene 43.131.966 habitantes, con una densidad de población de 14,4 habitantes por kilómetro cuadrado. Actualmente, la población urbana constituye el 90% de la población total.

El proceso de urbanización del país se inició a fines del siglo XIX, ligada al modelo agroexportador, consolidándose posteriormente de la mano de los cambios económicos, políticos y demográficos ligados al modelo de industrialización por sustitución de importaciones.

Las consecuencias espaciales de estos procesos se ven graficadas en la centralidad que tiene el país, siendo la ciudad de Buenos Aires el centro político y económico respecto a otras ciudades argentinas y a la drástica disminución de la población rural. Como señala Catenazzi, Jaime et al (2015), la división entre áreas dinámicas y áreas marginales de la economía plasmadas en territorios específicos, en las últimas décadas no hizo más que profundizarse a partir de los cambios acontecidos en la estructura productiva, las crisis financieras externas y los procesos inflacionarios.

Este modelo dual se reprodujo también al interior de las ciudades a través de la creciente distancia entre una ciudad “formal/legal” y una “ciudad informal/ilegal”, conformada por las villas y asentamientos.

Estas urbanizaciones populares constituyen el modo en que los sectores de menores recursos han resuelto la imposibilidad de acceder al hábitat mediante los mecanismos del mercado formal y la ausencia de políticas públicas específicas.

En este sentido, es posible afirmar que las ciudades han ido creciendo tanto por las construcciones regulares propias de la ciudad formal como mediante el desarrollo de asentamientos irregulares construidos en tierras vacantes, frecuentemente situados en áreas de riesgo ambiental (Fernández Wagner, 2004).

Los primeros asentamientos precarios aparecen en el escenario de las ciudades argentinas como consecuencia de la crisis económica y social de 1930. Así, hace casi 90 años que convivimos, casi naturalmente, con una de las más dramáticas expresiones de la desigualdad social.



***Imagen 1.1 - Asentamiento informal, Buenos Aires, Argentina. Fuente: TECHO Argentina***

### **1.1.2. Emergencia habitacional en números**

En 2018 se realizó y publicó el Relevamiento Nacional de Barrios Populares (RENABAP), por primera vez en nuestro país, en un trabajo conjunto del Gobierno Nacional y organizaciones sociales.

Se considera Barrio Popular a los barrios vulnerables en los que viven al menos 8 familias agrupadas o contiguas, donde más de la mitad de la población no cuenta con título de propiedad del suelo ni acceso regular a dos, o más, de los servicios básicos (red de agua corriente, red de energía eléctrica con medidor domiciliario y/o red cloacal).

En el marco del Relevamiento de Nacional de Barrios Populares se identificaron y mapearon más de 4.400 Barrios Populares del país en los que se estima viven 4 millones de personas.

En el siguiente mapa se puede observar la distribución territorial de los mismos:



**Imagen 1.2 - Mapa del relevamiento del Registro Nacional de Barrios Populares Fuente: TECHO Argentina**

## 2. Fundamentación, objetivos y alcance

### 2.1. Fundamentación

Los requisitos de habitabilidad impuestos a las construcciones tienen como objetivos lograr en las zonas cálidas condiciones mínimas de confort en verano y en las frías idéntica condición en invierno; evitar la condensación superficial e intersticial en muros y techos en situaciones normales de humedad relativa y temperatura para la zona; asegurar condiciones mínimas de iluminación, ventilación y asoleamiento; extremar los recaudos para que no se produzca ingreso de humedad desde el exterior a través de muros, techos y aberturas; obtener una privacidad acústica aceptable entre viviendas o entre éstas y los espacios comunes para niveles normales de ruidos aéreos domésticos. Lamentablemente, muchos de estos objetivos se ven incumplidos en las viviendas que encontramos en los barrios populares de nuestro país.

El confort higrotérmico se define como una mantención de los niveles de temperatura y humedad relativa dentro de una zona donde existe una ausencia de molestia sensorial y una regulación terminal corporal normal. Si bien esta sensación puede ser obtenida por instalaciones reguladoras del medio ambiente, teniendo en cuenta que lo que nos ocupa es la vivienda de interés social, se trata de minimizar la intervención de las mismas disminuyendo así el consumo energético y produciendo por consiguiente menor costo para mantener la vivienda en régimen. Es decir, generar viviendas con mayor eficiencia energética mediante la optimización de sus cerramientos.

El método a utilizar será la aislación del edificio del medio exterior y por consiguiente de los elementos que atentan contra la sensación de confort y la habitabilidad del mismo.

Se utilizarán materiales constructivos disponibles en los corralones de la región y materiales aislantes naturales y de reciclado, cuyo uso tradicional no es el de aislación térmica, pero presentan bajas conductividades térmicas y, por ende, potencial en este tipo de uso. Dado que los materiales tradicionales utilizados para la aislación térmica generan altos valores de CO<sub>2</sub> en su fabricación y traslado, se hará especial hincapié en la sustentabilidad de las soluciones propuestas.

## **2.2. Objetivo**

Realizar un análisis y propuesta de progresividad para la vivienda social de TECHO, utilizando recursos locales y cumpliendo la normativa referida a Habitabilidad según IRAM.

Partiendo de la base del modelo de vivienda propuesto por TECHO Argentina se plantea realizar una investigación que tiene como objetivos proponer las mejores rutas de incrementalidad teniendo como requerimiento la eficiencia energética y utilizando materiales que estén disponibles en las zonas a analizar

## **2.3. Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual de la vivienda VPA de TECHO Argentina
- Definir una zona de interés teniendo en cuenta el Relevamiento Nacional de Barrios Populares y las Zonas Bioclimáticas del país definidas por IRAM 11603, para dar con una zona e interés del país con urgencia habitacional en términos de cantidad de familias y en términos de exigencias climáticas.
- Evaluar los requerimientos de las familias como de la organización.
- Investigar y ensayar materiales aislantes no convencionales.
- Realizar propuestas de optimización energética de los cerramientos.
- Realizar un análisis técnico-social-económico de las propuestas realizadas.
- Determinar las propuestas más favorables para la región elegida.

## **2.4. Alcance**

Las medidas de optimización energética analizadas en el desarrollo de este trabajo de investigación se limitan al diseño de la aislación térmica y revestimiento externo de muros.

Las condiciones climáticas de diseño adoptadas son las correspondientes a la zona de interés analizada. Las soluciones planteadas son de aplicabilidad únicamente en dicho lugar.

Por último, las verificaciones de condiciones higrotérmicas realizadas corresponden a los valores de transmitancia térmica y riesgos de condensación superficial e intersticial de los cerramientos de acuerdo a las normas IRAM 11601, 11625 y 11630. Quedan por fuera del

análisis las verificaciones de coeficiente volumétrico G incluidas en IRAM 11604 y las verificaciones de puente térmico incluidas en la norma IRAM 11601.

### 3. Marco teórico

#### 3.1. Nociones de transferencia de calor

##### 3.1.1. Calor, temperatura y equilibrio térmico

El calor es energía en tránsito entre dos sistemas o entre un sistema y su entorno debido a una diferencia de temperatura entre estos.

La temperatura es una propiedad física de la materia que, cuantitativamente expresa las nociones comunes de calor y frío. Objetos que poseen baja temperatura se perciben fríos, mientras que a diversos grados de temperaturas más altas se los percibe tibios o calientes. La temperatura es un parámetro termodinámico del estado de un sistema. El calor siempre fluye desde el cuerpo o sistema de mayor temperatura hacia el cuerpo o sistema de menor temperatura, ocurriendo la transferencia de calor hasta que ambos cuerpos se encuentren en equilibrio térmico.

Si interponemos un material aislante entre dos sistemas a distintas temperaturas lo que lograremos es retardar el equilibrio térmico.

##### 3.1.1.1. Cantidad de calor y flujo de calor

La cantidad de calor se simboliza con la letra  $Q$  y su unidad es el J (joule). El flujo de calor es el cociente entre la cantidad de calor que pasa de un sistema a otro y el tiempo requerido (se lo puede expresar como la densidad temporal de la energía). Su símbolo es  $\Phi$  y su unidad es el W (watt).

##### 3.1.1.2. Densidad de flujo de calor

La densidad de flujo de calor es el cociente entre el flujo de calor y el área en  $W/m^2$ .

#### 3.1.2. Mecanismos de transferencia de calor

##### 3.1.2.1. Conducción

Para que se dé una transferencia de calor, dos elementos (o dos regiones dentro de un cuerpo), deberán estar a diferente temperatura y entonces el calor fluirá siempre de la zona de mayor temperatura a la que está más fría.

Si se analiza un cuerpo en el que su espesor es mínimo respecto al resto de sus dimensiones, y posee dos planos paralelos a diferentes temperaturas, se produce un flujo de calor del plano de mayor temperatura hacia el de menor. Este flujo es proporcional a la diferencia de temperaturas, a la conductividad del material e inversamente proporcional al espesor del material atravesado por el flujo. El estudio de la conducción de calor se realiza en régimen estacionario

### **3.1.2.2. Convección**

La convección es la transferencia de calor por movimiento de la masa de un fluido (líquido o gaseoso) de una región a otra del mismo. Si la temperatura del aire interior es mayor que la temperatura superficial interior de la envolvente, se producirá un flujo de calor dirigido hacia la superficie de la pared. El aire al entrar en contacto con la superficie se enfría y al ser más pesado que el aire del ambiente cae, generando un movimiento descendente llamado convección natural. Cuanto mayor sea la diferencia de temperaturas, mayor será el movimiento. La transferencia de calor por convección depende de la orientación de la superficie y del sentido del flujo calórico. Si la superficie es horizontal el flujo puede ser ascendente o descendente, esto depende de la estación climática. En las superficies verticales el flujo calórico siempre es horizontal. Además, la corriente de calor causada por convección es directamente proporcional al área superficial.

### **3.1.2.3. Radiación**

La radiación es la transferencia de calor a través de ondas electromagnéticas como lo son, entre muchas otras: la luz visible, el infrarrojo, la radiación ultravioleta y los rayos X. La transferencia se producirá entre medios a diferente temperatura, aunque los separe el vacío. Al aumentar la temperatura, la radiación se incrementa y las longitudes de onda se desplazan hacia valores mucho más cortos.

### **3.1.3. Conductividad y transmitancia térmica**

La conductividad térmica es el flujo de calor transmitido a través de un material de espesor unitario por unidad de área, cuando el gradiente de temperatura sea unitario. Su símbolo es  $\lambda$  y

su unidad (resultado de la simplificación del espesor y el área) es  $W/m \cdot K$ . Esta propiedad depende de la naturaleza del material y del rango de temperatura.

La transmitancia térmica  $K$  es el cociente entre el flujo de calor en régimen estacionario y el área y la diferencia de temperatura entre los medios circundantes a cada lado del sistema. Su unidad es  $W/m^2 \cdot K$ . Para una placa plana de composición uniforme, esta propiedad depende de la conductividad del material y el espesor ( $e$ ) de la muestra ( $K=\lambda/e$ ).

#### **3.1.4. Resistencia térmica**

En el campo del aislamiento térmico de edificios y en régimen estacionario (el flujo de calor es invariable o constante igual que la temperatura), la resistencia térmica para placas planas es el cociente entre el espesor  $e$  y la conductividad térmica  $\lambda$ . También, se puede calcular como el recíproco de la transmitancia ( $R=1/K$ ). Su unidad es  $m^2 \cdot K/W$ . La resistencia térmica es una característica propia de las capas de materiales, elementos constructivos, superficies y cámaras de aire.

##### **3.1.4.1. Resistencias térmicas superficiales**

Las resistencias térmicas superficiales, interna  $R_{si}$  y externa  $R_{se}$ , expresan las resistencias térmicas de las capas superficiales de aire adyacente a las superficies interna y externa, respectivamente, de un elemento que transmite calor. Cuanto menor es la velocidad del aire mayor es el valor de resistencia superficial. En IRAM 11601 se encuentran valores tabulados de las resistencias térmicas de superficies y cámaras de aire.

#### **3.2. Nociones de transferencia de humedad**

##### **3.2.1. Presión de vapor y humedad relativa**

En la mezcla de aire húmedo, al vapor de agua se lo considera como ejerciendo una presión parcial de la presión atmosférica total ( $P_A$ ). Como el aire se dilata o se contrae según sea su temperatura, de ésta dependerá la cantidad de vapor de agua que una masa de aire seco pueda contener sin que el vapor se condense. A la cantidad de vapor de agua en un ambiente se la expresa como Presión de Vapor Interior  $P_{vi}$  en  $kPa$ ; también en gramos de agua por metro cúbico de aire seco: Humedad Absoluta; o en gramos de agua por kilogramo de aire seco: Humedad Específica  $H_E$ . Por lo tanto, a cada valor de temperatura le corresponderá una

Presión de Vapor de Saturación  $P_{vs}$  que es la máxima cantidad de vapor de agua que una masa de aire seco puede admitir sin cambiar de estado.

Por su parte, llamamos Humedad Relativa HR a la relación:  $P_{vi}/P_{vs}$ . En otras palabras, la HR es el porcentaje de vapor de agua (o la humedad) que hay en un ambiente a una determinada temperatura.

#### **3.2.1.1. Temperatura de rocío**

Temperatura a la cual, sin variar el contenido de vapor de agua en un ambiente, se obtiene una HR del 100%. Es decir, para una cantidad de vapor de agua dada o, lo que es lo mismo, una presión parcial de vapor dada, al disminuir la temperatura aumentará la HR (disminuirá la presión de saturación) hasta un valor de temperatura umbral donde ocurre la condensación. Este valor límite se denomina temperatura de rocío.

#### **3.2.2. Permeabilidad al vapor de agua ( $\delta$ )**

Cantidad de vapor de agua que pasa por unidad de tiempo a través de la unidad de superficie de un material o elemento constructivo, de caras plano-paralelas y de espesor unitario, cuando la diferencia de presión de vapor entre sus caras es la unidad.

#### **3.2.3. Permeancia al vapor de agua ( $\Delta$ )**

Cantidad de vapor de agua que pasa por unidad de tiempo a través de la unidad de superficie de un material o elemento constructivo de cierto espesor, cuando la diferencia de presión de vapor entre sus caras es la unidad. Cuando el material o elemento constructivo es homogéneo en todo su espesor ( $e$ ), se cumple que:  $\Delta = \delta/e$ .

#### **3.2.4. Resistencia a la difusión del vapor de agua ( $R_v$ )**

Cuando el material o elemento constructivo es homogéneo en todo su espesor ( $e$ ), es la inversa de la permeancia al vapor de agua, de manera que:  $R_v = 1/\Delta = e/\delta$ .

#### **3.2.5. Barrera de vapor**

Capa de material, generalmente de espesor pequeño, que ofrece una alta resistencia al pasaje del vapor. Para que un material se considere barrera de vapor, su permeancia debe ser menor que  $0,75 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{kPa}$  ( $\Delta < 0,75 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{kPa}$ ).

### **3.2.6. Freno de vapor**

Capa cuyo valor de permeancia al vapor de agua es mayor que  $0,75 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{kPa}$  y que tiene por función reducir el pasaje de vapor de agua a un valor compatible con la verificación del riesgo de condensación intersticial.

### **3.2.7. Condensación superficial**

Condensación del vapor de agua sobre la superficie interna de los cerramientos exteriores. Se produce por un incremento de la tensión de vapor a temperatura constante (aumento del contenido de vapor en el interior del ambiente) o por un descenso de temperatura (debajo de la temperatura de rocío), aún sin variar el contenido del vapor de agua en el aire.

### **3.2.8. Condensación intersticial**

El vapor de agua se difunde a través de los materiales de construcción que conforman cerramientos según sea la permeabilidad y espesor de los mismos y la diferencia de tensión de vapor entre los ambientes que separan.

De esta forma, la condensación intersticial se produce en la masa interior de un cerramiento exterior, como consecuencia de que el vapor de agua que lo atraviesa alcanza la temperatura de rocío, en algún punto interior de dicha masa.

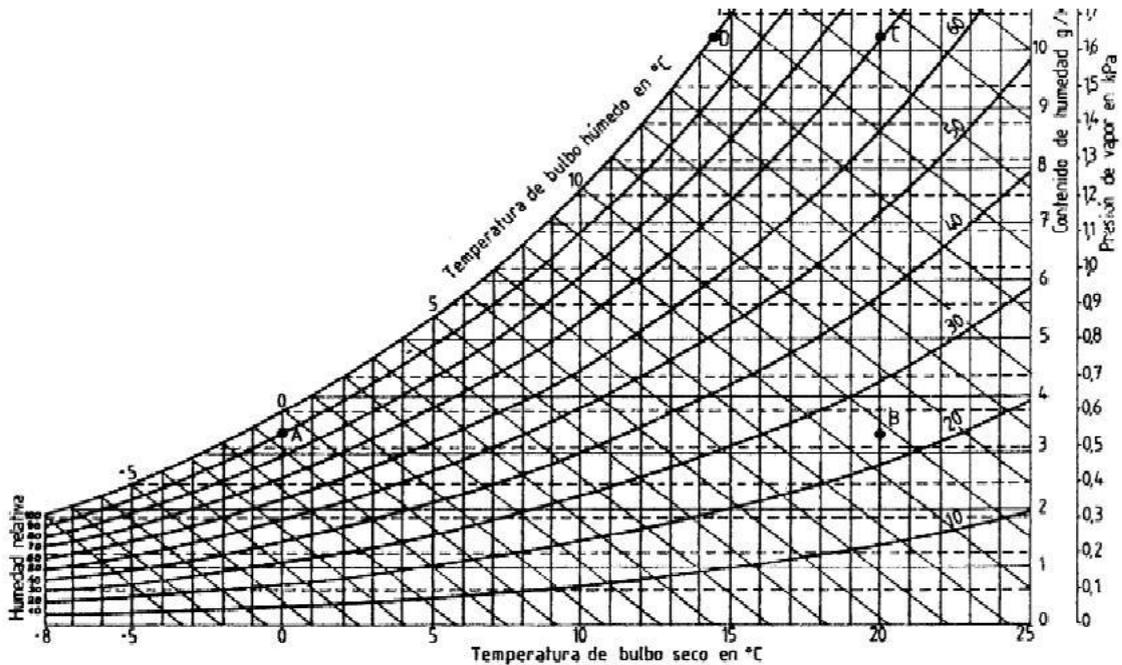
## **3.3. Correlación entre temperatura y humedad**

### **3.3.1. Temperatura de bulbo seco y temperatura de bulbo húmedo**

La temperatura de bulbo seco TBS ( $t$ ) es la temperatura del aire que se mide con cualquier termómetro. La temperatura de bulbo húmedo se obtiene con un termómetro de mercurio al que se le cubre el bulbo con un paño embebido en agua, esta agua se evaporará en mayor o menor medida según sea la humedad relativa del local. Al hacerlo, el agua extraerá calor latente de evaporación del bulbo, haciendo descender la temperatura del mismo, obteniéndose la TBH ( $t'$ ). Por último, si las temperaturas de ambos termómetros permanecieran iguales esto indicará que el ambiente está saturado de agua o, lo que es lo mismo que la  $HR=100\%$ .

### 3.3.2. Diagrama psicométrico

Muestra la interdependencia de la humedad relativa, escala de la izquierda; la temperatura del aire en la escala horizontal y la cantidad de vapor de agua por masa de aire seco en g/kg y su correspondiente presión en kPa.



**Gráfico 3.1 - Diagrama psicométrico. Fuente: IRAM 11625.**

### 3.4. Confort Higrotérmico

Si bien no existe un criterio único, algunas experiencias de laboratorio indicarían que tal condición se logra cuando el hombre, con una temperatura corporal media de 37 °C se encuentra en una situación donde el organismo requiere del menor consumo de energía para su adaptación al ambiente (Olgay, 1998).

En síntesis, la sensación de confort es una percepción en la que un amplio grupo de seres humanos de diversas edades, orígenes, sexo, etc., admiten, mayoritariamente, sentirse confortables o, definido por la negativa, no expresan sensación alguna de incomodidad, dentro de ciertos límites convencionales y condiciones, cuyas variables fundamentales son la temperatura ambiente, la humedad relativa y la velocidad del aire (a la acción conjunta de estas tres variables algunos investigadores la han llamado Temperatura Efectiva ET).

La zona de confort higrotérmico se sitúa entre los 18 °C a los 23 °C en invierno y 23°C a 27 °C en verano y en un rango de HR de entre el 40% y el 60%, resultando ideal una HR de 50% (Cajzkowsky). Esta zona puede flexibilizarse según las estaciones, elevándose en verano 1 ó 2 °C y descendiendo en invierno 1 °C.

#### **3.4.1. Aislamiento térmico de edificios**

El aislamiento térmico, además de servir para proteger a las personas del calor excesivo o del frío riguroso y ahorrar energía de climatización, sirve para evitar daños en la construcción producidas por el movimiento de origen térmico o por la condensación del vapor de agua a causa de un inadecuado o insuficiente aislamiento térmico.

No se puede impedir el paso del calor de un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura, lo que se hace al aplicar aislamiento térmico es retardar el paso y controlar las temperaturas superficiales de los cerramientos.

Por otro lado, la pérdida de calor a través de cerramientos es proporcional al gradiente de temperatura a ambos lados. De esta forma, los espesores necesarios de aislación dependerán de dicho gradiente y, por ende, de la zona de emplazamiento del edificio.

#### **3.5. Normativa utilizada**

Según la norma IRAM 1739, para el logro de confort higrotérmico y de condiciones de higiene y salubridad en el interior de viviendas es importante diseñar y ejecutar envolventes que provean una resistencia térmica apropiada al uso previsto para estos edificios, teniendo en cuenta las condiciones climáticas, disponibilidad y costo de la energía para calefacción y/o refrigeración, del medio ambiente que están insertos.

Las resistencias térmicas aludidas deben lograrse con disposiciones constructivas adecuadas, que no solamente permitan obtener las prestaciones técnicas exigidas por el diseño sino que, además, logren satisfacción de los requisitos de economía de ejecución y de uso, como así también del uso racional de los recursos naturales no renovables.

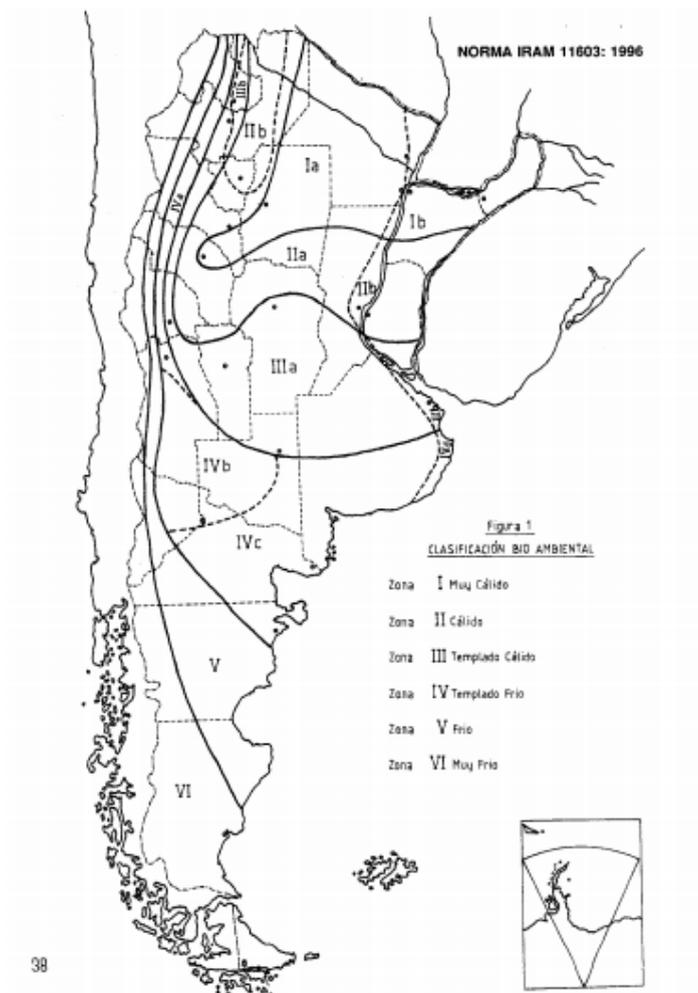
El desarrollo de este proyecto integrador profesional se basó en las normas nacionales IRAM de confort higrotérmico. A continuación, se sintonizan las mismas:

### 3.5.1. IRAM 11603: Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.

Dicha norma define al clima como el estado medio de la atmósfera, representado por el conjunto de los elementos y fenómenos meteorológicos referidos a un periodo de 10 años como mínimo, y por las variaciones periódicas y aperiódicas en el transcurso del año.

También, define a la temperatura de diseño como el percentil del 1% o del 99% de las temperaturas mínimas o máximas diarias del período de invierno (mayo, junio, julio y agosto) o verano (diciembre, enero, febrero y marzo), respectivamente.

Luego, las zonas bioambientales de la República Argentina se definen como sigue:



**Gráfico 3.2 - Diagrama psicométrico. Fuente: IRAM 11603.**

Esta clasificación se ha desarrollado teniendo en cuenta los índices de confort de la temperatura efectiva corregida (TEC), correlacionada con el voto medio predecible (VMP) y el índice de Beldin y Hatch (IBH), desarrollados para las zonas cálidas. La evaluación de las zonas frías no se ha realizado con los índices de confort, sino con los grados días para las necesidades de calefacción.

Los valores de temperatura efectiva corregida (TEC) fueron utilizados exclusivamente para la realización de la clasificación bioambiental. Estos valores no deben ser utilizados para efectuar balances térmicos tendientes a dimensionar instalaciones de aire acondicionado. A tal efecto, se deben usar los valores de temperatura de bulbo seco y de humedad relativa o temperatura de bulbo húmedo para los días típicos de diseño.

Es decir, las zonas bioambientales corresponden a zonas geográficas definidas según parámetros meteorológicos referentes a la interacción del hombre, vivienda, clima, a la que corresponden requerimientos higrotérmicos específicos aplicables a los edificios para lograr confort térmico o uso racional de la energía.

Luego, procede una caracterización sintética de las zonas bioambientales que incluye valores extremos de TEC media, temperaturas medias, máximas y mínimas para períodos invernales y estivales, amplitudes térmicas, tensiones de vapor máximas y mínimas, entre otros.

Por último, se encuentran tabulados los datos climáticos, correspondientes al período 1980/2009 conformado por 90 estaciones meteorológicas de toda la República Argentina. Para aquellas localidades que no figuran en las tablas, deben tomarse los datos correspondientes a la localidad más próxima, interpolando entre varias, si ello es posible.

**3.5.2. IRAM 11601: Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.**

Esta norma permite calcular la transmitancia térmica de los cerramientos (muros, cubiertas y pisos). Para ello, en primer lugar se obtienen las resistencias de cada componente (con su conductividad y espesor correspondientes). Luego, las resistencias térmicas superficiales:

en m<sup>2</sup>·K/W

Interior <i>R<sub>si</sub></i>			Exterior <i>R<sub>se</sub></i>		
Dirección del flujo de calor			Dirección del flujo de calor		
Horizontal (Muros)	Ascendente (Pisos o techos)	Descendente (Pisos o techos)	Horizontal (Muros)	Ascendente (Pisos o techos)	Descendente (Pisos o techos)
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

(\*) La resistencia térmica superficial varía en función de numerosos parámetros, tales como las propiedades de la superficie, en particular la emisividad de la superficie, la velocidad del aire a lo largo de la superficie, y las temperaturas de la superficie, del aire ambiente y de las superficies circundantes.  
Esta norma no considera expresamente los posibles aumentos de las *R<sub>si</sub>* o *R<sub>se</sub>* que pudieran lograrse aplicando terminaciones de baja absorción y/o emisividad de la radiación, por cuanto se considera que el mantenimiento en el tiempo de tales propiedades, no puede asegurarse en las condiciones reales de las obras.

**Tabla 3.1 - Resistencias térmicas superficiales. Fuente: IRAM 11601.**

Por último, la transmitancia térmica de un elemento constructivo, de aire a aire, es la inversa de la resistencia térmica total

$$K = \frac{1}{R_T} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

La resistencia térmica de un componente plano formado por diversas capas homogéneas perpendiculares al flujo de calor se calcula mediante las fórmulas

entre aire y aire:

$$R_T = R_{si} + R_t + R_{se}$$

entre ambas caras:

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{c1} + R_{cn}$$

$R_1; R_2; \dots; R_n$  las resistencias térmicas de capas homogéneas en  $m^2 \cdot K / W$ ;

$R_{c1}; R_{c2}; \dots; R_{cn}$  las resistencias térmicas de cámaras de aire en  $m^2 \cdot K / W$ ;

$R_{si}; R_{se}$  las resistencias térmicas superficiales en  $m^2 \cdot K / W$ ;

### **3.5.3. IRAM 11605: Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.**

Esta norma establece los valores máximos de transmitancia térmica aplicables a muros y techos de edificios destinados a viviendas, de manera de asegurar condiciones mínimas de habitabilidad.

De esta forma, se definen tres niveles diferentes, que corresponden a un grado decreciente de condiciones de confort higrotérmico: nivel A (recomendado), nivel B (medio) y nivel C (mínimo). Para cada uno de ellos, se presentan los valores máximos de transmitancia térmica para invierno (en función a la temperatura exterior de diseño) y para verano (en función a la zona bioambiental).

Para la definición de los tres niveles de confort higrotérmico se adoptaron los siguientes criterios: para condición de invierno, que no exista condensación superficial en función a la temperatura interior de diseño (22 °C para nivel A, 20 °C para nivel B y 18 °C para nivel C). Además, que la diferencia de temperatura entre la temperatura interior de diseño y la temperatura superficial de los cerramientos sea como máximo de 1 °C para nivel A, 2.5 °C para nivel B y 4 °C para nivel C; de esta forma, se verifican condiciones de confort. Se adoptó el menor valor de K que cumple simultáneamente ambas condiciones.

### **3.5.4. IRAM 11625: Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general**

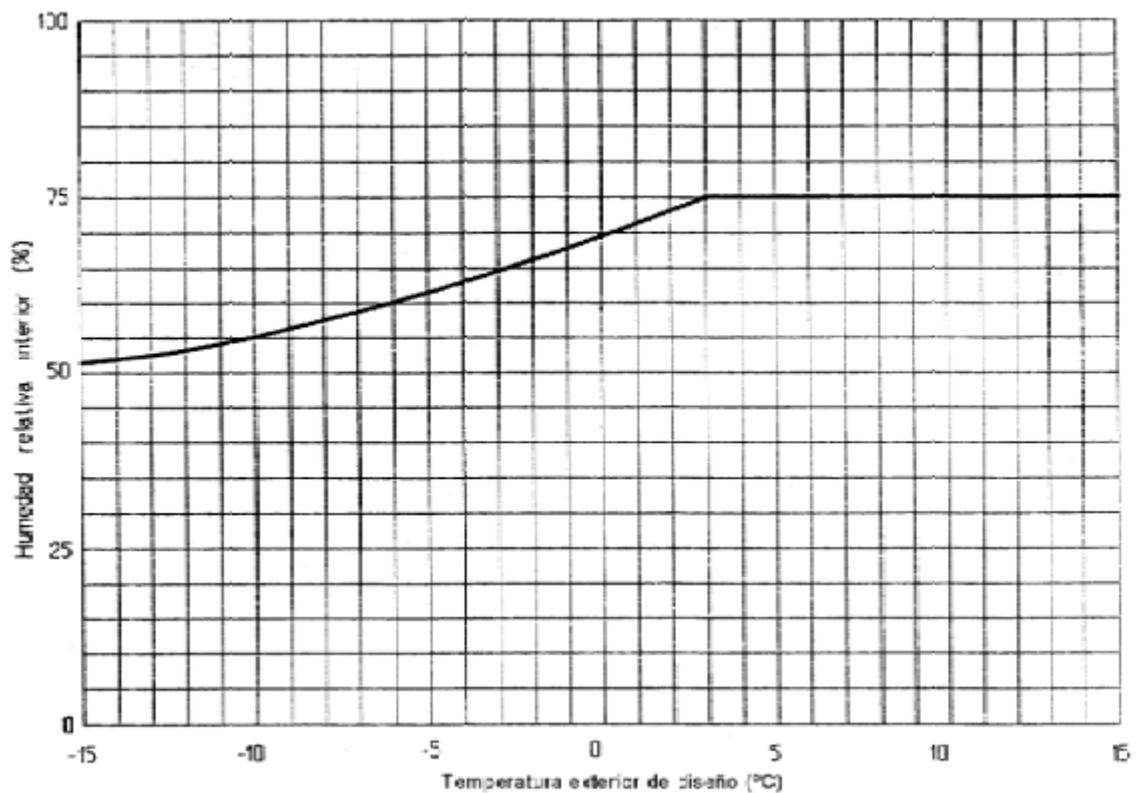
En esta norma se presenta el procedimiento de cálculo para la verificación del riesgo de condensación superficial e intersticial en paños centrales. Esto se refiere a paños hasta una distancia de 0,5 m de las aristas.

Para realizar dicho cálculo, se adoptan las siguientes condiciones higrotérmicas: para el exterior, la temperatura de diseño será la correspondiente a la localidad donde se proyecte el edificio y la humedad relativa se adoptará de 90%. Para el interior, la temperatura de diseño será

Edificio o local (Ver nota 1)	Temperatura (°C)
Destinado a vivienda, enseñanza, comercio, trabajo sedentario y cultura.	18
Salones de actos, gimnasios y locales para trabajo ligero	15
Locales para trabajo pesado	12
Espacios para almacenamiento general	10

**Tabla 3.2 - Resistencias térmicas superficiales. Fuente: IRAM 11625.**

Y el valor de la humedad relativa interior de diseño se obtiene de la siguiente figura



**Gráfico 3.3 - Temperatura exterior de diseño vs Humedad relativa interior. Fuente: IRAM 11625.**

Para la verificación del riesgo de condensación superficial, las resistencias térmicas adoptadas serán de 0,17 m<sup>2</sup>·K/W para valores interiores y para valores exteriores en función a la dirección del flujo de calor según IRAM 11601. Para la verificación del riesgo de condensación intersticial ambos valores de resistencia superficial (interior y exterior) se obtendrán en función a la dirección del flujo de calor.

Para el método de verificación del riesgo de condensación superficial, la disminución de la temperatura en la superficie interna se calcula mediante la siguiente fórmula

$$\tau = \frac{R_{si}}{R_t} \Delta t$$

$\tau$  la disminución de la temperatura en la superficie interior del cerramiento, en grados Celsius;

$R_{si}$  la resistencia térmica superficial interior en metros cuadrados kelvin por watt;

$R_t$  la resistencia térmica total del cerramiento, en metros cuadrados por kelvin por watt;

$\Delta t$  la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, en grados Celsius.

La temperatura superficial interna se calcula con la fórmula siguiente

$$\theta_i = t_i - \tau$$

$\theta_i$  la temperatura superficial interior del cerramiento, en grados Celsius;

$t_i$  la temperatura interior de diseño del local;

$\tau$  la disminución de temperatura en la superficie interior o techo, en grados Celsius.

Con los valores de temperatura interior ( $t_i$ ) y humedad relativa interior y utilizando el diagrama psicrométrico antes presentado se obtiene la temperatura de rocío ( $t_r$ ), debiéndose cumplir que  $t_r < \theta_i$  para que no se produzca condensación de vapor de agua sobre la superficie del cerramiento considerado.

Para el método de verificación del riesgo de condensación intersticial, se calculan las temperaturas en los distintos planos de un cerramiento formado por varias capas de la siguiente manera

$$t_1 = t_i$$

$$t_2 = t_i - \frac{R_{si}}{R_t} \Delta t$$

$$t_n = t_e$$

siendo

$t_1; t_2; \dots; t_n$  la temperatura en los planos considerados en °C;

$t_i$  la temperatura interior de diseño, en °C;

$t_e$  la temperatura exterior de diseño, en °C;

$\Delta t$  la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, en °C;

$R_{si}$  la resistencia térmica de la parte del cerramiento ubicada hacia interior del local respecto del plano considerado o bien cuando corresponda la resistencia térmica superficial, en metros cuadrados kelvin por watt;

$R_t$  la resistencia térmica total, en metros cuadrados por kelvin por watt.

La resistencia a la difusión del vapor de agua de un cerramiento, compuesto por una serie de capas sucesivas de distintos materiales, se calcula con la siguiente fórmula

$$R_v = \frac{e_1}{\delta_1} + \frac{e_2}{\delta_2} + \dots + \frac{e_n}{\delta_n} + \frac{1}{\Delta}$$

$R_v$  la resistencia a la difusión del vapor de agua del componente constructivo considerando, en metros cuadrados kilo Pascal por gramo;

$e_1; e_2; \dots; e_n$  el espesor de las capas sucesivas de materiales homogéneos del componente anterior, en metros;

$\delta_1; \delta_2; \dots; \delta_n$  la permeabilidad al vapor de agua de las capas sucesivas de materiales homogéneos del componente anterior, en gramos por metros hora kilo Pascal;

$\Delta$  la permeancia de la barrera o freno de vapor, si los hubiere, en gramos por metro cuadrados hora kilo Pascal.

Mediante el diagrama psicométrico, conociendo las temperaturas y humedades relativas internas y externas, pueden calcularse las presiones de vapor de agua  $p_{vi}$  y  $p_{ve}$  del lado interno y externo respectivamente.

Se calculan las presiones de vapor de agua en los distintos planos del cerramiento y se admite la hipótesis de  $\delta = \text{constante}$  dentro de cada capa. Se establece

$$p_1 = p_{vi}$$

$$p_2 = p_{vi} - \Delta \cdot \frac{R_{vi}}{R_v}$$

$$p_n = p_{ve}$$

Siendo

$p_1; p_2; \dots; p_n$  la presión parcial de vapor de agua en los planos considerados, en kilo pascales;

$p_{vi}$  la presión parcial de vapor de agua interior, en kilo Pascales;

$p_{ve}$  la presión parcial de vapor de agua exterior, en kilo Pascales;

$R_{vi}$  la resistencia a la difusión del vapor de agua de la parte del cerramiento ubicada hacia el interior del local respecto del plano considerando, en metros cuadrado hora kilo Pascal por gramo;

$R_v$  la resistencia a la difusión del vapor de agua del cerramiento, en metros cuadrado hora kilo Pascal por gramo.

Se determina la variación de presiones parciales de vapor de agua en el seno del cerramiento, aceptándose una variación lineal de  $t_r$  entre los planos de verificación. A cada una de las presiones le corresponde una temperatura de condensación o de rocío, que puede obtenerse del diagrama psicrométrico. Al comparar las temperaturas obtenidas, se evidencia que se producirá condensación en aquellas zonas en las que la temperatura del bulbo seco sea menor que la temperatura de rocío.

Se aclara que el cumplimiento de los valores propuestos en esta norma no tiene relación con las condiciones de confort o de economía de energía consumida, sino está relacionado con las condiciones de salubridad de los ocupantes del edificio.

### **3.5.5. IRAM 11630: Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general**

En esta norma se presenta el procedimiento de cálculo para la verificación del riesgo de condensación superficial e intersticial en puntos singulares. Los puntos singulares están constituidos por las aristas y rincones de muros exteriores, pisos y techos de los edificios en general. Se considerarán con un ancho de 0,5 m medido desde las aristas formadas por los encuentros de los paramentos.

Para la verificación del riesgo de condensación superficial se adoptarán como valores de las resistencias térmicas superficiales exteriores los indicados en la IRAM 11601. Para resistencias superficiales interiores, los indicados en la tabla siguiente

LUGAR	$R_{si}$ (m <sup>2</sup> K / W)
Aristas superiores y rincones	0,25
Aristas verticales a altura media	0,25
Aristas y rincones inferiores	0,34
Vidrios	0,15
Rincones y aristas "protegidas" (por ejemplo: interiores de placares y muebles sobre muros exteriores)	0,50
Detrás de muebles en muros externos	0,50

**Tabla 3.3 - Resistencias superficiales interiores en puntos singulares. Fuente: IRAM 11630.**

Para la verificación del riesgo de condensación intersticial los valores de resistencia superficial interior y exterior se obtendrán de la norma IRAM 11601, de forma que son los mismos que se toman para la verificación del riesgo de condensación intersticial en paños centrales. Por lo tanto, siempre que no haya variación de la resistencia térmica en la zona de las aristas, ambas verificaciones son idénticas.

Los cálculos a realizar son exactamente los mismos que los explicados en la norma 11625, con los valores de resistencias superficiales correspondientes.

## 4. Presentación

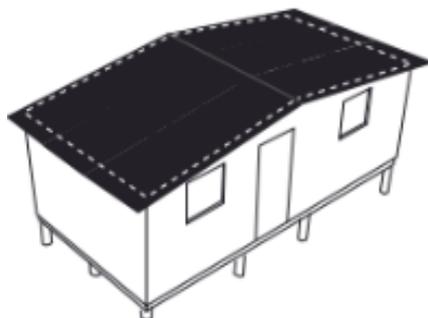
### 4.1. TECHO Argentina

TECHO es una organización presente en 19 países de América Latina que busca superar la situación de pobreza que viven millones de personas en asentamientos populares a través de la acción conjunta de sus habitantes y jóvenes voluntarios y voluntarias.

Después de 14 años de trabajo continuo en Argentina, algunos de sus principales logros son: 84 asentamientos en donde TECHO trabaja, 70 mesas de trabajo activas, 14.814 viviendas de emergencia construidas en asentamientos informales, 12 proyectos piloto para implementar soluciones relacionadas con el hábitat adecuado: regularización de la propiedad, servicios básicos e infraestructura. Más de 3045 vecinos graduados en oficios, 1.544 microcréditos entregados, 1.610 vecinos que accedieron a un microcrédito y 325 capacitaciones en manejo de emprendimientos. 2.450 niños, niñas y adolescentes que viven en asentamientos y que han participado en los programas de educación, 165.000 voluntarios se movilizaron en Argentina para superar la pobreza, 1.300 voluntarios realizan un trabajo permanente en los barrios.

TECHO Argentina cuenta con su propia Fábrica Social de Viviendas, cuyo propósito es generar empleo genuino para vecinos y vecinas de asentamientos informales a través de la producción de módulos habitacionales. Su primera sede abrió en 2012 en San Martín, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y luego en 2014 su segunda sede en Posadas, Misiones.

Durante estos años TECHO Argentina ha construido un módulo habitacional estándar que consta de una construcción prefabricada de 18m<sup>2</sup>, montada en situ sobre pilotes. Al no contar con la posibilidad de fabricar internamente la panelería, TECHO Argentina compraba los paneles a diversos proveedores de la región. Si bien la organización contaba con un equipo interno de evaluación y propuestas de mejoras constructivas, el margen de negociación con los proveedores era acotado.



**Imagen 4.1. – Vivienda de Emergencia. Fuente: TECHO Argentina.**

#### **4.1.1. Fábrica social de TECHO Argentina**

Para TECHO Argentina contar con su propia fábrica de viviendas abrió la posibilidad de investigar y diseñar mejores propuestas habitacionales, creando así un área de Investigación y Desarrollo.

En el marco de asesorías externas que recibe la organización, se encontró un potencial interés en organismos del estado dedicados a Hábitat en desarrollar soluciones habitacionales de mayor calidad que la vivienda tradicional de TECHO pero que mantuvieran una baja inversión y construcción rápida.

Paralelamente, el 15 de Enero de 2018 la Secretaría de Vivienda y Hábitat, que forma parte del Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación, incluyó al Sistema de Construcción de Entramado de Madera para uso de estructuras portantes de edificios como sistema constructivo tradicional. A partir de esta regulación, el INTI desarrolló un manual constructivo para esta técnica.

Esta nueva reglamentación marcó un antes y un después para la Fábrica Social de TECHO ya que poder fabricar módulos normalizados trae consigo la oportunidad de negocio de vender viviendas sociales al Estado.

En esta línea, en 2019 TECHO Argentina comenzó a pensar en un modelo de construcción progresiva e integral en vistas de poder brindar una solución definitiva de vivienda de madera, y no una vivienda de emergencia. A este proyecto lo denominaron VPA: Programa de Vivienda Progresiva Accesible.

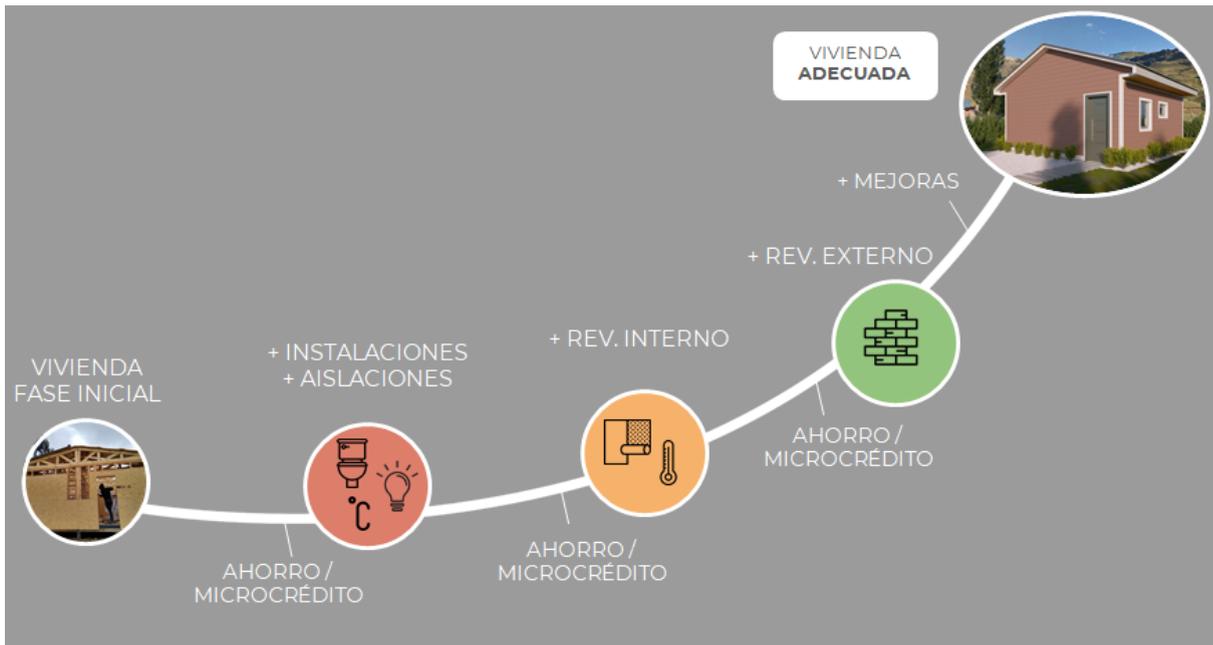
### Programa de Vivienda Progresiva Accesible (VPA)

Se entiende como vivienda incremental o progresiva, a aquella que con el mínimo recurso permite resolver el problema de necesidad habitacional, dando al morador la posibilidad de ampliarla y mejorarla técnicamente de acuerdo a sus necesidades.

La vivienda debe cumplir con las principales características:

- Rápida construcción para su habitabilidad inmediata entendiendo que responde a una situación de emergencia habitacional.
- Económica y accesible con el objetivo de ser construida de manera masiva maximizando el alcance.
- Sencilla construcción, donde el conocimiento técnico no sea una limitante para su acceso.
- Adaptable, es decir, que el tamaño y forma de la vivienda puedan adaptarse de manera sencilla a las necesidades del usuario con una fácil instancia de diseño.
- Incremental/Progresiva, que la vivienda inicial (o punto de partida) esté pensada para ser llevada hacia la vivienda adecuada.
- Integral: la propuesta debe contemplar una mirada global de la trayectoria habitacional de la familia entendiendo las mejoras y ampliaciones que las familias hacen para llegar a su vivienda final.

En base a esta definición, TECHO Argentina propuso la siguiente trayectoria habitacional:



**Imagen 4.2 – Trayectoria Habitacional. Fuente: TECHO Argentina.**

Fase inicial: Como punto de partida, se proponen soluciones de habitabilidad de construcción rápida y económica para resultar masivas, que cumplan estándares de calidad estructural de viviendas de madera, realizada en entramado de madera.

Progresividad: A través de herramientas financieras o ahorro de los moradores, se propone la incorporación de:

- Instalaciones (instalación eléctrica normalizada, kit de baño y cocina, etc)
- Incorporación de futuras capas a las paredes, destinadas a lograr confort higrotérmico y resistencia a la intemperie (aislaciones, revestimiento interno, revestimiento externo)
- Otras mejoras que pueden incluir ampliaciones a través de nuevos módulos

Fase final: Vivienda adecuada.

#### **4.2. ¿Qué es una vivienda adecuada?<sup>1</sup>**

Una vivienda adecuada debe brindar más que cuatro paredes y un techo. Deben satisfacerse diversas condiciones para que una solución habitacional pueda considerarse una vivienda adecuada. Estos elementos son tan fundamentales como la oferta y disponibilidad básicas de vivienda. Para que la vivienda sea adecuada, debe reunir como mínimo los siguientes criterios:

<sup>1</sup> Fuente: “El derecho a una vivienda adecuada” ONU Habitat Folleto informativo n°21

1. La seguridad de la tenencia: la vivienda no es adecuada si sus ocupantes no cuentan con cierta medida de seguridad de la tenencia que les garantice protección jurídica contra el desalojo forzoso, el hostigamiento y otras amenazas.
2. Disponibilidad de servicios, materiales, instalaciones e infraestructura: la vivienda no es adecuada si sus ocupantes no tienen agua potable, instalaciones sanitarias adecuadas, energía para la cocción, la calefacción y el alumbrado, y conservación de alimentos o eliminación de residuos.
3. Asequibilidad: la vivienda no es adecuada si su costo pone en peligro o dificulta el disfrute de otros derechos humanos por sus ocupantes.
4. Habitabilidad: la vivienda no es adecuada si no garantiza seguridad física o no proporciona espacio suficiente, así como protección contra el frío, la humedad, el calor, la lluvia, el viento u otros riesgos para la salud y peligros estructurales.
5. Accesibilidad: la vivienda no es adecuada si no se toman en consideración las necesidades específicas de los grupos desfavorecidos y marginados.
6. Ubicación: la vivienda no es adecuada si no ofrece acceso a oportunidades de empleo, servicios de salud, escuelas, guarderías y otros servicios e instalaciones sociales, o si está ubicada en zonas contaminadas o peligrosas.
7. Adecuación cultural: la vivienda no es adecuada si no toma en cuenta y respeta la expresión de la identidad cultural.

#### **4.3. Materiales aislantes: oportunidad en materiales naturales y de reciclado**

La fabricación y transporte de materiales de construcción conlleva impactos en uso de combustibles fósiles y emisiones al ambiente. En particular, los materiales aislantes térmicos se caracterizan por su baja densidad por lo que requieren grandes volúmenes en su transporte. Existe una gran diversidad de materiales naturales y/o de reciclado que son aptos para mejorar la envolvente de los edificios, con la consecuente mejora del confort y la reducción de la necesidad de combustibles tanto para calefacción en invierno como para enfriamiento en verano.

Por otro lado, la gestión de los residuos domiciliarios da cuenta del altísimo volumen de residuos no degradables o de muy lenta degradación, como ser plásticos, envases de cartón, papel, envoltorios de polietileno, etc., que son aptos para aumentar la resistencia térmica de muros.

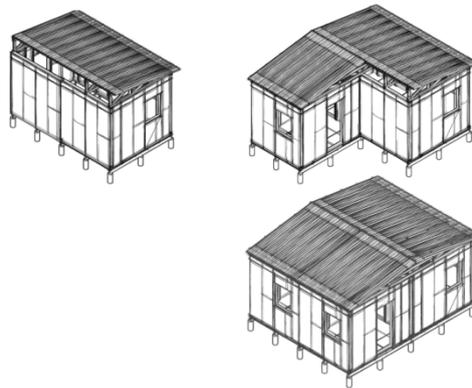
Estas realidades combinadas suponen una clara oportunidad de desarrollar materiales aislantes de producción local.

#### **4.4. Presentación vivienda VPA**

Como se ha mencionado, el sistema constructivo en el que se basa el modelo de vivienda es entramado de madera o platform frame. Los paneles están conformados por estructuras de madera y placas de OSB de 9,5 mm de espesor que ofician de rigidización de la estructura y a su vez como cerramiento.

#### 4.4.1. Descripción de los elementos

El diseño de la vivienda es modular, cada módulo básico tiene 7,44m<sup>2</sup> (3,05 m x 2,44 m) por 2,60 m de altura. A partir de la construcción modular pueden construirse distinta cantidad de módulos contiguos hasta llegar a la cantidad de m<sup>2</sup> necesarios para la totalidad de la vivienda.

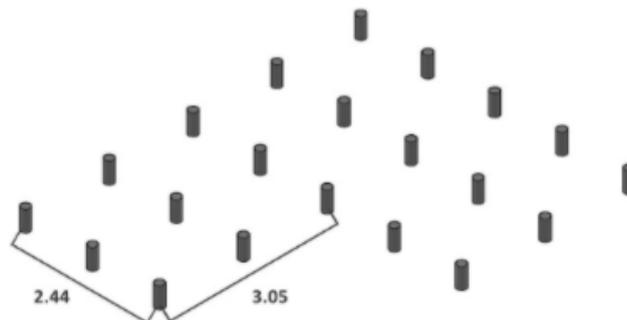


**Imagen 4.3 – Combinación de 2, 3 y 4 módulos básicos**

##### 4.4.1.1. Fundaciones

Las fundaciones están compuestas por una estructura de pilotes, vigas y paneles de piso. El módulo básico se funda sobre 9 pilotes de pino de 15 cm de diámetro y 70 cm de largo. La longitud enterrada depende del caso (dureza del terreno, riesgo de inundaciones). Los pilotes aíslan del suelo y por ende protegen de la humedad, inundaciones y plagas.

Las vigas cuentan con un tratamiento CCA (arseniato cobre cromatado), contra ataque de bacterias, hongos, insectos y humedad.



**Imagen 4.4 – Ejemplo de distribución de pilotes para vivienda de 3 módulos básicos**

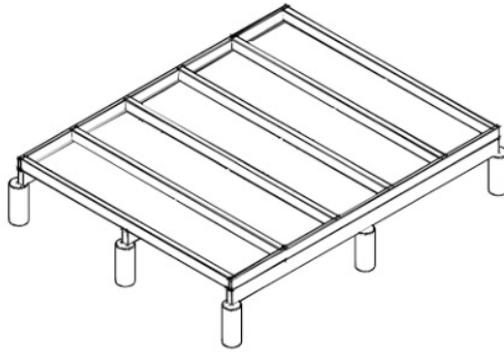


**Imagen 4.5 – Vigas de piso para modelo de vivienda compuesto por 4 módulos**

#### **4.4.1.2. Paneles de piso**

Cada módulo está formado por un único panel de piso del tamaño exacto del módulo (2,44 m x 3,05 m). El panel consta de:

- 6 Tirantes estructurales de 2"x4" cada 61 cm
- 2 Tirantes estructurales de 2"x4" perpendiculares
- Revestimiento en machimbre de 1"x5"
- Membrana Hidrofuga (colocación en fábrica)



**Imagen 4.6 – Panel de piso para módulo básico**

#### **4.4.1.3. Paneles de pared**

Cada panel estructural está compuesto por una solera inferior, parantes verticales y una solera superior de madera de pino o pino tratado con CCA de 5 cm x 10 cm (2"x4") de sección.

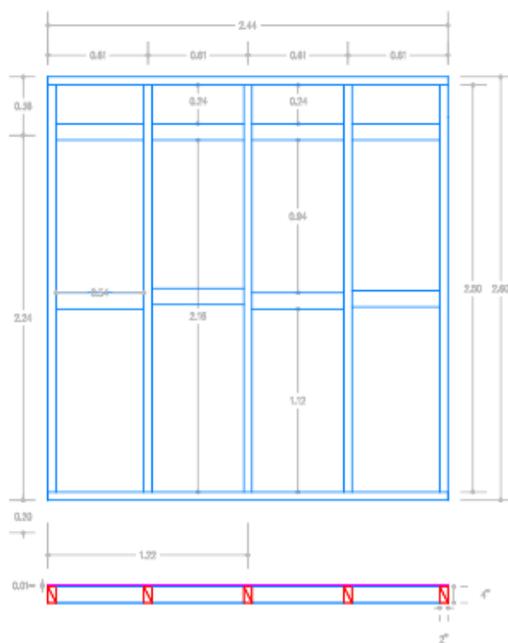
Los parantes se colocan cada 61 cm entre sí (41 cm en zonas sísmicas) y la unión a las soleras se hace por clavado neumático con clavos de de acero anillados o espiralados de 80-82 cm de longitud, utilizando dos clavos en cada unión.

Los paneles se entregan parcialmente emplacados desde la fábrica con su placa de rigidización de OSB colocada con clavos 63mm (también anillados o espiralados) de longitud colocados aproximadamente cada 15 cm en los bordes de la placa y cada 30 cm en el cuerpo.

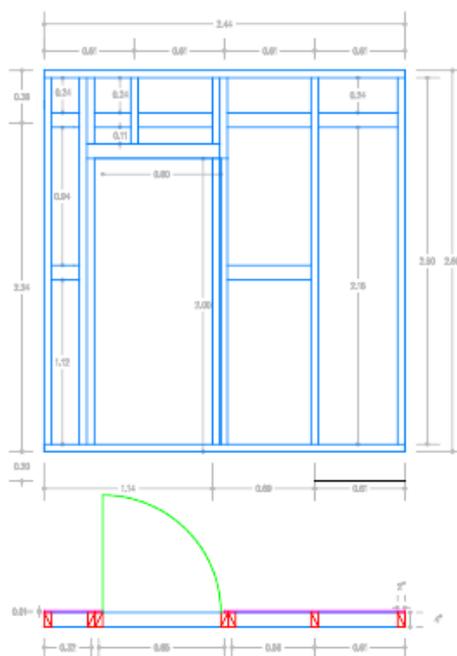
Hay 7 tipos de paneles para conformar las paredes:

- Panel ciego - Ancho 2,44 m , altura 2,60 m
- Panel puerta - Ancho 2,44 m , altura 2,60 m
- Panel ventana regular - Ancho 2,44 m , altura 2,60 m
- Panel ventana pequeña (baño) - Ancho 2,44 m , altura 2,60 m
- Panel ajuste pequeño - Ancho 0,41 m , altura 2,60 m
- Panel ajuste grande - Ancho 0,51 m , altura 2,60 m

A modo de ejemplo se presentan los planos de panel ciego y panel puerta.



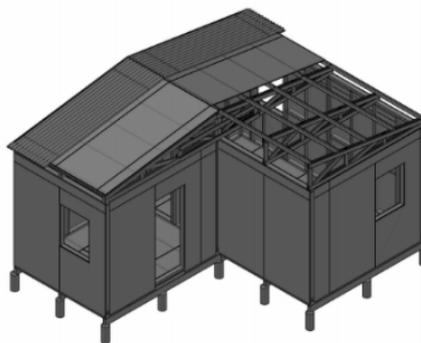
**Imagen 4.7 – Panel ciego**



**Imagen 4.8 – Panel puerta**

#### 4.4.1.4. Estructura de techo

La estructura de techo se conforma por cabreadas de 3,05 metros de longitud a un agua o de 6,10 metros de longitud a dos aguas. Las cabreadas vienen prefabricadas desde la fábrica y se montan en obra. Están conformadas por tablas de 1"x3". Para completar la estructura de madera se suman clavaderas de 2"x2" de sección, donde posteriormente se coloca una aislación térmica una lada de vidrio de espesor de 50mm con una cara aluminizada. Sobre la lana de vidrio se coloca posteriormente la cubierta de chapa.



**Imagen 4.9 – Estructura de techo y cubierta para modelo de 3 módulos**

#### 4.4.2. Combinación de módulos

La cantidad de módulos asignados a cada familia depende de la cantidad de integrantes de la misma. De esta forma, las viviendas más frecuentes cuentan con 2, 3 o 4 módulos. Se asignan a la vivienda tantas ventanas como módulos y una única puerta.

En planta, los módulos se pueden disponer de diferentes formas, dependiendo las necesidades de la familia y las limitaciones del terreno. Por ejemplo, una vivienda de 3 módulos puede disponerse en L o en hilera (a lo largo).

También existe la posibilidad de incluir módulos abiertos, es decir, sin cerramiento vertical. De esta forma, se pueden generar galerías y/o la posibilidad de ampliar la vivienda en el futuro.

#### **4.5. Situación problemática**

Al día de hoy, la Fábrica Social de TECHO ha resuelto la Fase 1, anteriormente descrita, a partir del diseño de una solución de habitabilidad basada en módulos de madera entramada (o platform frame) de 7,44m<sup>2</sup> que cumple la normativa de diseño estructural de madera según CIRSOC 601.

Los módulos anteriormente mencionados están formados por bastidores de 2x4 pulgadas que cumplen con la normativa estructural correspondiente. El cerramiento de los mismos es con placas de OSB que si bien es la solución más económica es de baja durabilidad en la intemperie y requiere de un revestimiento.

Según relevamientos de la organización, las viviendas presentan, en líneas generales, fríos excesivos en época invernal, humedades excesivas y, en algunos casos, condensación superficial sobre las placas de cerramiento y en la cubierta.

Si bien está clara la propuesta de progresividad de la vivienda, la organización al día de hoy no tiene resuelto cuáles son los mejores caminos para lograrlo, teniendo en cuenta:

- Disponibilidad de materiales para el morador
- Cumplimiento de la normativa IRAM referida a referida a Habitabilidad y Eficiencia energética, más que necesaria en el contexto de viviendas vulnerables donde invertir lo mínimo en calefacción y refrigeración es muy importante.
- Adaptación según zona bioclimática

#### **4.6. Requerimientos de diseño**

A continuación se enuncian los criterios de diseño que se tuvieron en cuenta para la realización de este trabajo de investigación.

##### **4.6.1. Requerimientos de diseño de la organización**

Se tuvieron en cuenta los siguientes requerimientos:

- Cumplimiento de estándares y normativas vigentes.
- Simplificación y optimización del proceso de mejora de la vivienda y su calidad.
- Incorporación de materiales reciclados y eficiencia energética sustentable.

#### **4.6.2. Requerimientos de diseño de la familia**

Se tuvieron en cuenta como requerimientos de diseño:

- Inversión asequible
- Materiales disponibles en las zonas de análisis (ya sea disponibles en corralón o utilizando materiales no convencionales)
- Técnicas constructivas que puedan realizarse por personas no necesariamente capacitadas y que puedan ser montadas en pocos días

## 5. Definición de zona de interés

Para definir la zona de interés para la investigación de este trabajo, se tuvo en cuenta la información brindada por el RENABAP (Relevamiento Nacional de Barrios Populares) y las Zonas Bioclimáticas del país definidas por IRAM 11603, para dar con la zona de interés del país con urgencia habitacional en términos de cantidad de familias y en términos de exigencias climáticas.

### RENABAP

Según el RENABAP, en Argentina existen 4.416 Barrios Populares, distribuidos en todo el territorio nacional, como se puede ver en la siguiente imagen:



**Imagen 5.1 – Mapa de Barrios Populares. Fuente: RANABAP**

En la siguiente tabla se puede observar la cantidad de familias que viven en los Barrios Populares relevados por el RENABAP, en orden decreciente:

PROVINCIA	FAMILIAS	BARRIOS
Buenos Aires	485.080	1.726
CABA	73.673	57
Santa Fe	72.602	341
Misiones	41.981	268
Tucumán	34.847	203
Chaco	32.570	263
Córdoba	24.210	194
Salta	20.195	154
Río Negro	19.539	152
Formosa	18.594	86
Entre Ríos	18.010	169
Corrientes	17.956	120
Mendoza	16.585	247
Santiago del Estero	11.295	52
Jujuy	10.577	92
Neuquén	10.546	85
Chubut	5.977	56
Tierra del Fuego	4.364	36
Catamarca	3.225	32
San Juan	3.089	36
San Luis	3.027	23
Santa Cruz	1.068	6
La Rioja	421	14
La Pampa	234	4
<b>Totales</b>	<b>929.665</b>	<b>4.416</b>

**Tabla 5.1 – Distribución de Barrios Populares. Fuente: RANABAP**

**Norma IRAM 11603 (Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina)**

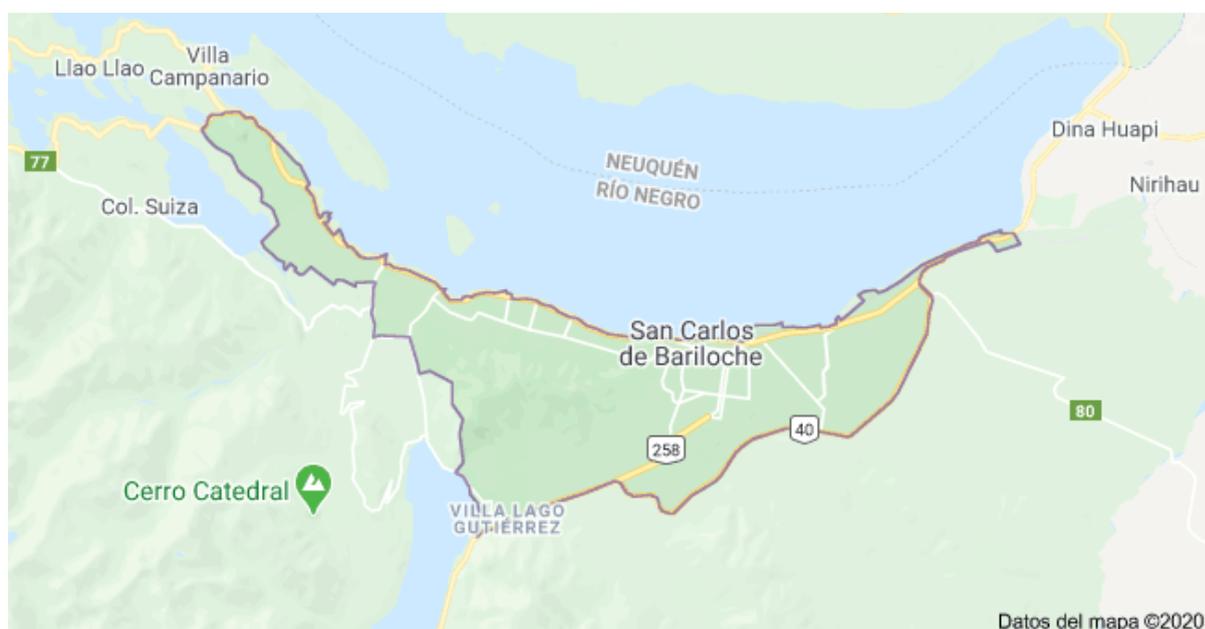
Como he mencionado, esta norma establece la zonificación bioclimática de Argentina, indicando características climáticas para cada zona. Para cada zona, brinda pautas generales y recomendaciones para el diseño, evaluación de las orientaciones y asoleamiento.

Para el siguiente trabajo de investigación se tomó la siguiente zona de interés:

San Carlos de Bariloche: pertenece a la zona de mayor exigencia climática de Argentina, donde la aislación térmica y otras consideraciones de habitabilidad cumplen un rol fundamental. Por otro lado, presenta una alta cantidad de asentamientos en comparación a su población total. Por último, al día de hoy, TECHO Argentina no cuenta con un diseño especializado en climas fríos, por lo que resulta de interés para este trabajo.

### 5.1. Ubicación y generalidades

San Carlos de Bariloche es una ciudad que pertenece a la provincia de Río Negro, Argentina. Está ubicada en el parque nacional Nahuel Huapi, en el suroeste de la provincia de Río Negro, junto a la cordillera de los Andes, en la ribera sur del lago Nahuel Huapi, a 832 km de Viedma, la capital de la provincia.



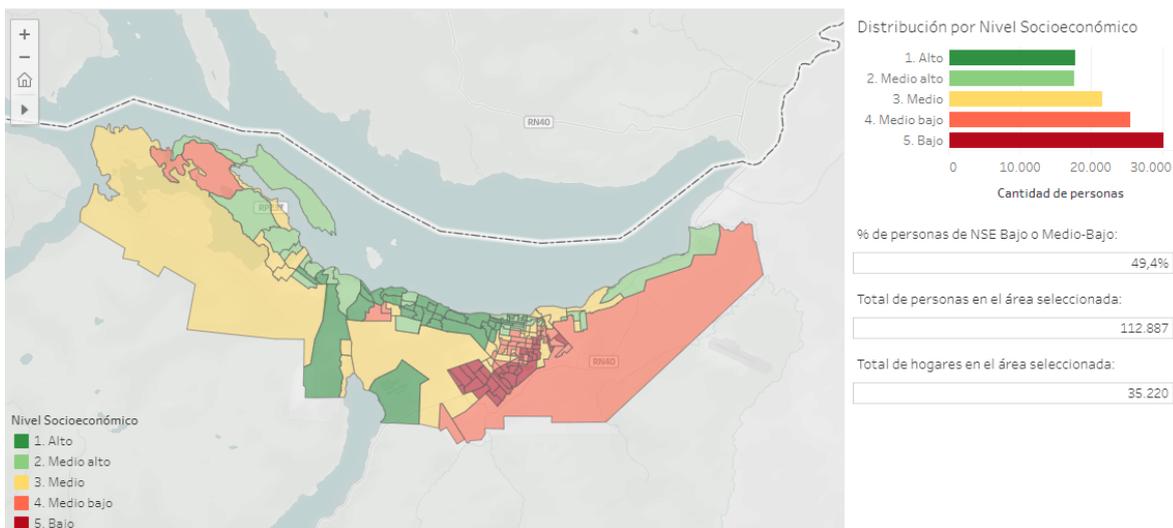
**Imagen 5.2 – Mapa de San Carlos de Bariloche. Fuente: Google Maps**

El ejido municipal de San Carlos de Bariloche posee una superficie de 220,3 km<sup>2</sup>, con una extensión Este - Oeste de más de 30 km y un ancho Norte-Sur variable Norte-Sur que no supera los 8 km. Está formado por 91 barrios de distinta antigüedad y superficie. Dadas estas características, San Carlos de Bariloche constituye un espacio urbano complejo para el ordenamiento territorial.

### 5.2. Población y características habitacionales

San Carlos de Bariloche es la primera ciudad de Río Negro por tamaño y es una de las tres más pobladas de la Patagonia, luego de Neuquén y Comodoro Rivadavia. Según estimaciones realizadas por la Municipalidad en base a los censos anteriores, San Carlos de Bariloche cuenta con una población de 139.438 habitantes. Su crecimiento demográfico, nutrido por migraciones internas e internacionales, está entre los más altos de la Argentina.

En esta ciudad podemos encontrar un gran contraste social, a espaldas de la costa del Lago se encuentra una extensa zona de barrios populares ubicada en las áreas más desfavorecidas en cuanto a clima, donde las nevadas son más intensas y los vientos son más fuertes, y donde la falta de servicios y el déficit habitacional constituye una compleja realidad acentuada por la estigmatización social y la falta de oportunidades. La gran mayoría de estos barrios se concentran en una zona conocida como el Alto, como se puede observar en la siguiente imagen:



**Imagen 5.3 – Distribución territorial según nivel socioeconómico. Fuente: Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas 2010**

Se mostró que más del 90% de las construcciones en la ciudad de San Carlos de Bariloche carece de aislamiento térmico adecuado, y que el consumo de gas natural en viviendas unifamiliares es extremadamente alto (González, 2008, 2014), por lo que resulta urgente proponer sistemas de mejoras para la envolvente de las viviendas en este territorio.

### **5.3. Ubicación de las viviendas de análisis**

#### **5.3.1. Barrio Nahuel Hue**

Nahuel Hue es un barrio ubicado en el Alto, aproximadamente a unos 4 km del centro de la ciudad, entre la Ruta 40 y el arroyo Ñireco. Se trata de la última toma que se produjo de forma masiva entre 2006 y 2007. La ocupación se dio en el marco de un recrudescimiento de la situación habitacional en Bariloche que determina la existencia de una gran demanda insatisfecha de lotes y viviendas.

Según un relevamiento complementario realizado por la Municipalidad de San Carlos de Bariloche, en el barrio Nahuel Hue habitan 3.600 personas. En cuanto a la situación habitacional, el 71,8% son casillas precarias. En cuanto al acceso a servicios, el 27,3% no tiene agua corriente; el 98,7% no tiene cloacas; el 80,8% no tiene conexión a gas, el 29,1% no tiene electricidad y el 42% obtiene agua fuera de la vivienda o fuera del terreno.

#### **5.3.2. Clima**

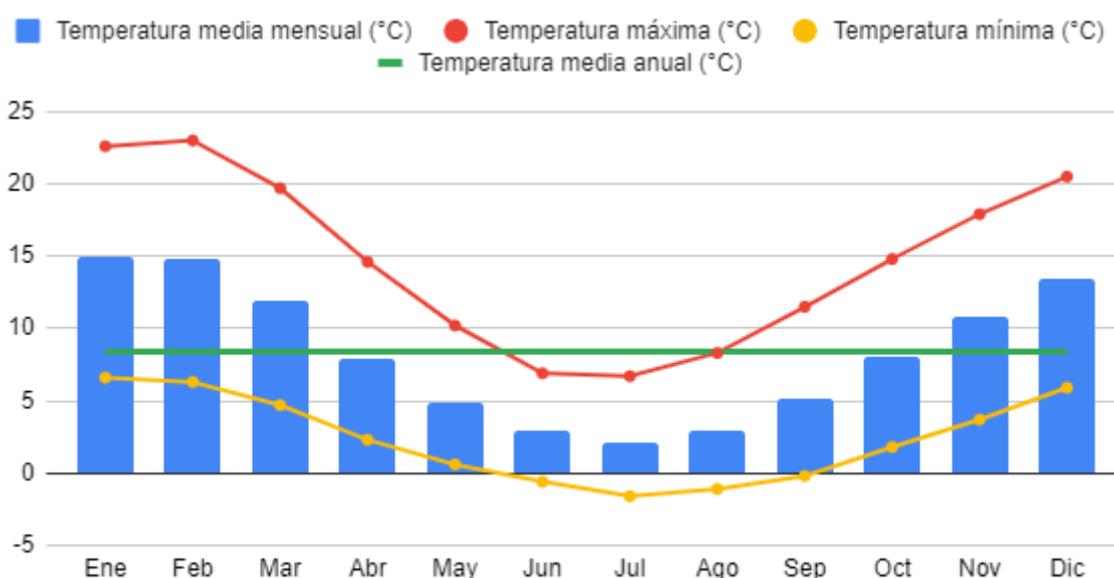
La ciudad de San Carlos de Bariloche se encuentra en la zona VI según la clasificación bioambiental de la norma IRAM 11603, cuya denominación es Fría. Esta zona bioambiental se caracteriza por sus inviernos rigurosos con temperaturas medias del orden de los 4°C y mínimas menores que 0°C. Los veranos son frescos, con temperaturas medias inferiores a los 12°C. Las presiones parciales de vapor de agua son muy bajas, con valores máximos medios inferiores a los 1070 Hpa (8 mm Hg).

En la ciudad de San Carlos de Bariloche, la combinación de altura, latitud y dominancia de los vientos del cuadrante Oeste-Noroeste y sur generan un clima templado-frío con estación seca que presenta una acentuada variación de las lluvias en el sentido Oeste a Este.

### 5.3.2.1. Temperatura

En San Carlos de Bariloche la temperatura media anual es 8,4°C, registrándose 14,7°C de máxima media y 2,4°C de temperatura mínima media. La amplitud térmica llega casi a los 12°C. La temperatura varía de acuerdo a la latitud y altitud

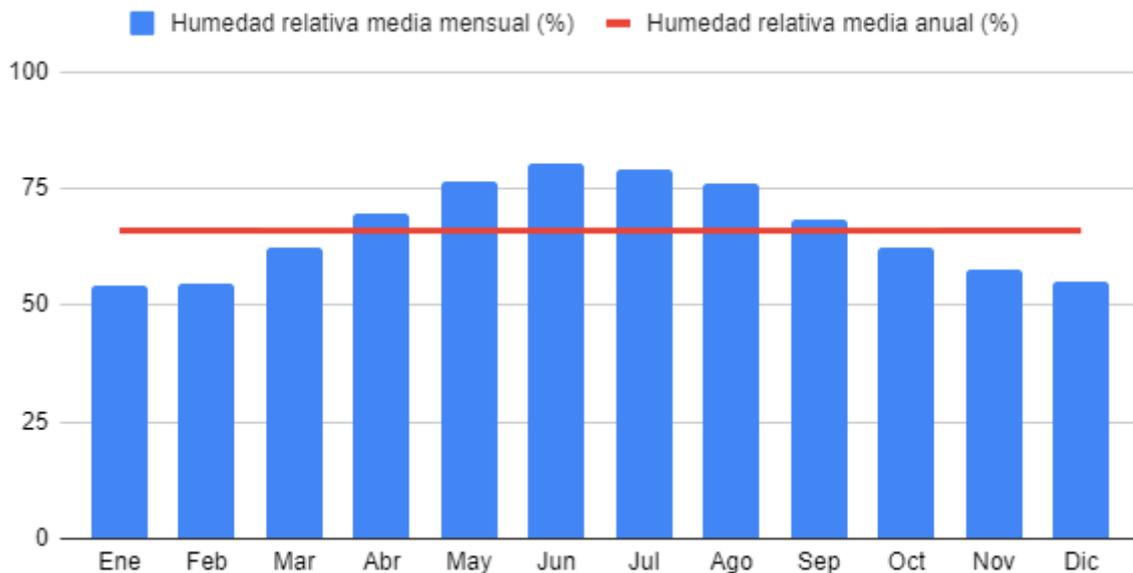
En Enero, durante el día, la temperatura puede alcanzar los 20/28°C y, ocasionalmente, ascender hasta más de 30°C. A la noche desciende hasta los 15°C durante los días tibios. En pleno invierno, durante el día, la temperatura oscila entre 1°C y 10°C, mientras que por la noche alcanza los 0°C o aún menos.



**Gráfico 5.4 – Temperaturas máximas, mínimas y media anual. Fuente: Elaboración propia en base a datos del Sistema Meteorológico Nacional**

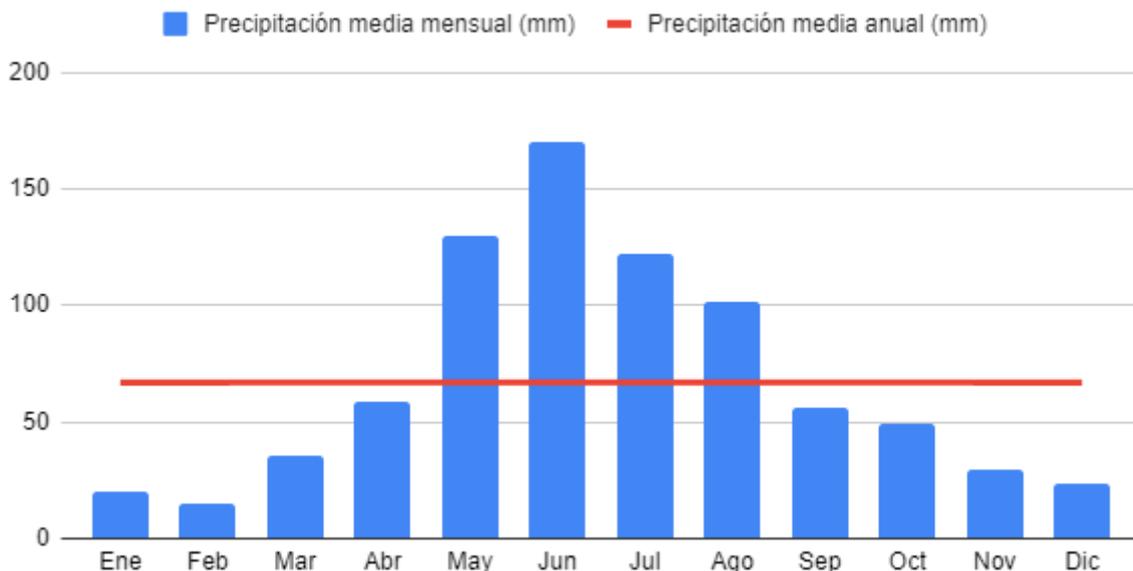
### 5.3.2.2. Humedad relativa

Las humedades relativas medias de los meses de Junio y Julio son de 80,2 y 78,9%, respectivamente. La media anual es del 66%.



**Gráfico 5.5 – Humedades relativas medias mensuales y media anual. Fuente: Elaboración propia en base a datos del Sistema Meteorológico Nacional**

### 5.3.2.3. Precipitaciones



Las precipitaciones medias de los meses de Enero y Febrero son las mínimas en el año, de 20 y 15,3 mm respectivamente. El mes de mayor precipitación es Junio con 170,1 mm. La precipitación anual es de 811,7 mm y la media anual es de 67 mm.

**Gráfico 5.6 – Precipitaciones medias mensuales y media anual. Fuente: Elaboración propia en base a datos del Sistema Meteorológico Nacional**

#### 5.3.2.4. Viento

El viento se evalúa por medio de dos parámetros, velocidad en kilómetros por hora por mes y frecuencia media en fracciones de mil de acuerdo a los cuadrantes que establece la Rosa de los Vientos. La velocidad promedio del año es 19,9 kilómetros por hora, siendo noviembre y diciembre los meses más ventosos (período 1981-2010. Aeropuerto Bariloche).

Viento	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anua I
Velocidad (km/h)	22,9	19,8	18,3	19,1	15,9	17,9	16,6	16,8	17,1	23,4	25,4	25,2	19,9

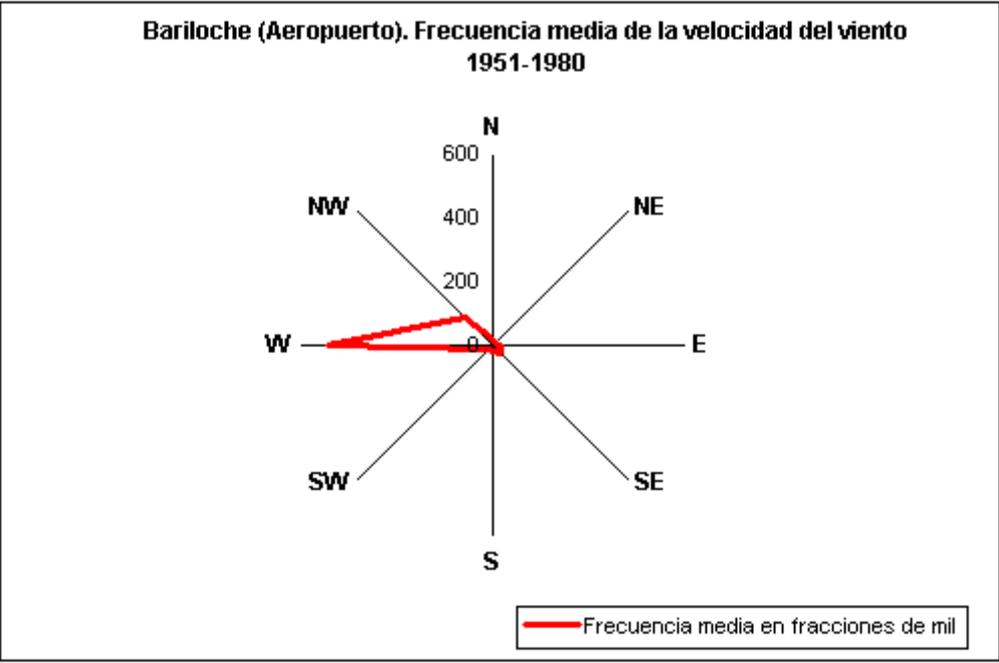
**Tabla 5.2 – Velocidad promedio mensual y anual. Fuente: Sistema Meteorológico Nacional**

La frecuencia del viento es más alta desde el Oeste y Noroeste, teniendo lugar en el 64% de las observaciones, como se puede ver en la siguiente tabla. La frecuencia media de la dirección de los vientos se mide en fracciones de 1000.

Viento	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
Frecuencia media	19	14	25	33	19	16	515	122	238

**Tabla 5.3 – Frecuencia por dirección del viento. Fuente: Sistema Meteorológico Nacional**

Una forma más gráfica de visualizarla es a través de la Rosa de los Vientos, como lo indica el siguiente esquema. El mismo no considera la condición de "calma" u observación sin viento, que está presente en el 24% de las observaciones y equivale a 238 momentos en calma.



**Gráfico 5.7 – Rosa de los Vientos. Fuente: Sistema Meteorológico Nacional**

## 6. Familia y vivienda tipo

Para el desarrollo de este trabajo resulta necesario definir un modelo que represente en la mayor medida posible a las familias y las viviendas. El objetivo de esta simplificación es poder realizar un único análisis donde los resultados obtenidos puedan aplicarse a la totalidad de viviendas.

### 6.1. Familia tipo

En base a las estadísticas realizadas por TECHO Argentina en sus relevamientos, se definió una familia tipo constituida por 5 personas por familia.

### 6.2. Vivienda tipo

Los criterios adoptados para definir la vivienda tipo fueron los siguientes: en caso de contar con información, promediar sobre los datos cuantitativos y adoptar el más frecuente para los cualitativos y, en caso de no contar con información, adoptar las condiciones más desfavorables.

Se determinó una vivienda tipo de 3 módulos cerrados, sin módulos abiertos y con las aberturas provistas por TECHO. La disposición en planta se fijó en hilera, con su fachada con orientación SO, que es la más desfavorable.

## 7. Análisis de las condiciones actuales

El análisis realizado se basó en la familia y vivienda tipo explicadas anteriormente.

### 7.1. Transmitancia térmica de los cerramientos

Se calculó la transmitancia térmica de los cerramientos utilizando la norma IRAM 11601. Luego, estos valores se compararon con valores máximos admisibles obtenidos de la norma IRAM 11605. Estos valores máximos dependen del lugar de emplazamiento de la vivienda, la estación del año y el nivel de confort adoptado (categoría C como mínimo).

Los valores de resistencias superficiales interiores y exteriores para las distintas direcciones del flujo de calor se obtuvieron del apartado 4.1.2 de la norma antes mencionada.

#### 7.1.1. Muros

Componente: Muro			
Flujo de calor: Horizontal			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,01</b>		<b>0,247</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>4,05</b>		
Referencia Norma IRAM			¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,45	No

**Tabla 7.1 – Verificación de la transmitancia térmica del muro.**

Los muros no verifican para nivel de confort C.

### 7.1.2. Cubierta

Componente: Techo			
Flujo de calor: Vertical (Ascendente - invierno)			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Chapa	0,0005	58	0,00
Lana de vidrio	0,05	0,0417	1,20
Resistencia superficial interior			0,1
<b>Total resistencia</b>	<b>0,0505</b>		<b>1,34</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,75</b>		

Referencia Norma IRAM	¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]	1 Sí

**Tabla 7.2 – Verificación de la transmitancia térmica del techo en invierno.**

Componente: Techo			
Flujo de calor: Vertical (Descendente - verano)			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Chapa	0,0005	58	0,00
Lana de vidrio	0,05	0,0417	1,20
Resistencia superficial interior			0,17
<b>Total resistencia</b>	<b>0,0505</b>		<b>1,41</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,71</b>		

Referencia Norma IRAM	¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]	1 Sí

**Tabla 7.3 – Verificación de la transmitancia térmica del techo en verano.**

La cubierta cumple los requisitos de transmitancia térmica para nivel de confort C tanto para invierno como para verano.

### 7.1.3. Piso

Componente: Piso			
Flujo de calor: Vertical (Descendente - invierno)			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Madera pino	0,0254	0,16	0,16
Resistencia superficial interior			0,17
<b>Total resistencia</b>	<b>0,0254</b>		<b>0,37</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>2,71</b>		

Referencia Norma IRAM	¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]	1 No

**Tabla 7.4 – Verificación de la transmitancia térmica del piso en invierno.**

Componente: Piso			
Flujo de calor: Vertical (Ascendente - verano)			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Madera pino	0,02 5	0,16	0,16

Resistencia superficial interior			0,1
<b>Total resistencia</b>	<b>0,02</b>	<b>5</b>	<b>0,30</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>			<b>3,38</b>

Referencia Norma IRAM	¿Cumple?	
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]	1	No

**Tabla 7.5 – Verificación de la transmitancia térmica del piso en verano.**

El piso no cumple con la transmitancia térmica máxima para nivel de confort C.

## 7.2. Riesgo de condensación superficial e intersticial

La evaluación del riesgo de condensación superficial e intersticial se basa en las normas IRAM 11625 y 11630.

La norma IRAM 11625 presenta el método de cálculo correspondiente a la condensación superficial e intersticial de paños centrales de muros, pisos y techos. Se entiende como paño central a todo aquel que se encuentre a una distancia de 0,5 metros o mayor de una arista, es decir, puntos singulares.

Por otro lado, la norma IRAM 11630 establece el mismo cálculo pero para el caso de puntos singulares.

Ambas normas establecen cómo adoptar los valores de las condiciones higrotérmicas interiores y exteriores. A partir de esas condiciones, se obtuvo la disminución de temperatura entre cada capa del cerramiento para dar con las temperaturas interiores de cada capa. Con esos valores y utilizando el diagrama psicrométrico se obtuvo la temperatura de rocío correspondiente. De esta manera se determinó si existe riesgo de condensación superficial e intersticial que ocurre cuando la diferencia entre la temperatura interior y la temperatura de rocío es negativa.

El cálculo para la verificación tanto de paños centrales como de puntos singulares es el mismo, difieren los valores de resistencia superficial interior adoptados.

A continuación se encuentra el cálculo para cada cerramiento utilizando la planilla de cálculo propuesta por las normas anteriormente mencionadas.

### 7.2.1. Paños centrales

#### 7.2.1.1.1. Condensación superficial

Según lo establecido en la norma, se adopta una resistencia superficial interior de 0,17 m<sup>2</sup>·K/W.

#### 7.2.1.1.2. Muros

Componente: Muro										
	e	λ	R	t	δ	Rv	HR	P	tr	ΔT
	[m]	[W/m·K]	[m <sup>2</sup> ·K/W]	[°C]	[g/m·h·kPa]	[m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	[%]	[kPa]	[°C]	[°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,17	4,02				1,25	10,8	-6,78
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-2,3 1	0,0031	3,23		0,32	-6,8	4,49
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2

<b>Total</b>			0,2869	23,6		3,23				
--------------	--	--	--------	------	--	------	--	--	--	--

**Tabla 7.6 – Verificación de la condensación superficial en paños centrales de muros.**

Como puede observarse en la tabla, la temperatura interior del cerramiento es 4,02 °C y la temperatura en ese mismo punto es mayor por lo que existe riesgo de condensación superficial.

### 7.2.1.1.3. Techo

Componente: Techo										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,17	15,1 5				1,25	10,8	4,35
<b>Lana de vidrio</b>	0,05	0,0417	1,1990	-4,93	0,009375	111,11		0,32	-6,8	1,87
<b>Chapa</b>	0,0005	58	0,0000	-4,93						
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,60				0,32	-6,8	1,20
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,4090	23,6		111,11				

**Tabla 7.7 – Verificación de la condensación superficial en paños centrales de la cubierta.**

No existe riesgo de condensación superficial en la cubierta.

#### 7.2.1.1.4. Piso

Componente: Piso										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
Aire interior				18			62,5	1,25	10,8	7,2
Resistencia superficial interior			0,17	7,1				1,25	10,8	-3,7
Madera Pino	0,0254	0,16	0,159	-3,0	0,033	0,77		0,32	-6,8	3,8
Resistencia superficial exterior			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
Aire exterior				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
Total			0,3688	23,6		0,77				

**Tabla 7.8 – Verificación de la condensación superficial en paños centrales del piso.**

Como se puede ver en la tabla, la temperatura superficial interior del piso es 7,2 °C mientras la temperatura de rocío en el mismo punto es de 10,8 °C por lo que existe riesgo de condensación superficial.

#### 7.2.1.2. Condensación intersticial

Se adoptan los valores de resistencia térmica superficial interior y exterior a partir de lo establecido en la norma IRAM 11601.

##### 7.2.1.2.1. Muros

Componente: Muro

	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
Aire interior				18			62,5	1,25	10,8	7,2
Resistencia superficial interior			0,13	5,58				1,25	10,8	-5,22
Placa OSB	0,01	0,13	0,0769	-1,7 8	0,0031	3,23		0,32	-6,8	5,02
Resistencia superficial exterior			0,04	-5,6 0				0,32	-6,8	1,20
Aire exterior				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
Total			0,2469	23,6		3,23				

**Tabla 7.9 – Verificación de la condensación intersticial en paños centrales de muros.**

Existe riesgo de condensación intersticial.

### 7.2.1.2.2. Techo

Para evaluar el riesgo de condensación intersticial se adoptó una resistencia superficial interior correspondiente a la situación de invierno (flujo de calor ascendente) ya que se trata de la situación más crítica. El valor correspondiente es 0,10 m<sup>2</sup>·K/W.

Componente: Techo										
	e [m]	λ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	ΔT [°C]
Aire interior				18			62,5	1,25	10,8	7,2
Resistencia superficial interior			0,1	16,2 4				1,25	10,8	5,44
Lana de vidrio	0,05	0,0417	1,1990	-4,89	0,009375	111,11		0,32	-6,8	1,91
Chapa	0,0005	58	0,0000	-4,90						
Resistencia superficial exterior			0,04	-5,60				0,32	-6,8	1,20
Aire exterior				-5,60			90	0,32	-6,8	1,20
<b>Total</b>			<b>1,3390</b>	<b>23,6</b>		<b>111,11</b>				

**Tabla 7.10 – Verificación de la condensación intersticial en paños centrales de cubierta.**

No existe riesgo de condensación intersticial.

### 7.2.1.2.3. Piso

En este caso también se adoptó el valor de resistencia superficial interior correspondiente a un flujo de calor ascendente (verano).

Componente: Piso										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
Aire interior				18			62,5	1,25	10,8	7,2
Resistencia superficial interior			0,1	10,1				1,25	10,8	-0,7
Madera Pino	0,0254	0,16	0,159	-2,4	0,033	0,77		0,32	-6,8	4,4
Resistencia superficial exterior			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
Aire exterior				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
Total			0,2988	23,6		0,77				

**Tabla 7.11– Verificación de la condensación intersticial en paños centrales del piso.**

Existe riesgo de condensación intersticial.

### 7.2.2. Puntos singulares

Para la verificación del riesgo de condensación superficial en puntos singulares se utilizó la norma IRAM 11630. Se adoptaron las resistencias superficiales establecidas por la norma. En el caso de la resistencia superficial interior, se adoptó 0,25 m<sup>2</sup>·K/W para aristas superiores (encuentro muro con techo) y aristas verticales a altura media (encuentro muro con muro). En el caso de aristas inferiores (encuentro muro con piso) se adoptó 0,34 m<sup>2</sup>·K/W.

Para el caso de la verificación de condensación intersticial en puntos singulares los valores a adoptar son los mismos que se toman para la verificación de condensación intersticial en paños centrales. Por lo tanto, siempre que no haya variación de la resistencia térmica en la zona de aristas, la verificación de la condensación intersticial realizada en los paños centrales es válida también para los puntos singulares.

### 7.2.2.1. Aristas superiores

#### 7.2.2.1.1. Muro

Componente: Muro										
	e	$\lambda$	R	t	$\delta$	Rv	HR	P	tr	$\Delta T$
	[m]	[W/m·K]	[m <sup>2</sup> ·K/W]	[°C]	[g/m·h·kPa]	[m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	[%]	[kPa]	[°C]	[°C]
Aire interior				18			62,5	1,25	10,8	7,2
Resistencia superficial interior			0,25	1,92				1,25	10,8	-8,88
Placa OSB	0,01	0,13	0,0769	-3,0 3	0,0031	3,23		0,32	-6,8	3,77
Resistencia superficial exterior			0,04	-5,6 0				0,32	-6,8	1,20
Aire exterior				-5,6 0			90	0,32	-6,8	1,20
Total			0,3669	23,6		3,23				

**Tabla 7.12 – Verificación del riesgo de condensación superficial en aristas superiores de muros.**

Existe riesgo de condensación superficial.

### 7.2.2.1.2. Techo

Componente: Techo										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
Aire interior				18			62,5	1,25	10,8	7,2
Resistencia superficial interior			0,25	14,0 4				1,25	10,8	3,24
Lana de vidrio	0,05	0,0417	1,1990	-4,97	0,009375	111,11		0,32	-6,8	1,83
Chapa	0,0005	58	0,0000	-4,97						
Resistencia superficial exterior			0,04	-5,60				0,32	-6,8	1,20
Aire exterior				-5,60			90	0,32	-6,8	1,20
Total			1,4890	23,6		111,11				

**Tabla 7.13 – Verificación del riesgo de condensación superficial en aristas superiores de cubierta.**

No existe riesgo a la condensación superficial.

### 7.2.2.2. Aristas verticales a altura media

El cálculo correspondiente es el equivalente al realizado en aristas superiores de muros por lo que no existe riesgo a la condensación superficial.

### 7.2.2.3. Aristas inferiores

#### 7.2.2.3.1. Muro

Componente: Muro										
	e	$\lambda$	R	t	$\delta$	Rv	HR	P	tr	$\Delta T$
	[m]	[W/m·K]	[m <sup>2</sup> ·K/W]	[°C]	[g/m·h·kPa]	[m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	[%]	[kPa]	[°C]	[°C]
Aire interior				18			62,5	1,25	10,8	7,2
Resistencia superficial interior			0,34	0,44				1,25	10,8	-10,36
Placa OSB	0,01	0,13	0,0769	-3,5 3	0,0031	3,23		0,32	-6,8	3,27
Resistencia superficial exterior			0,04	-5,6 0				0,32	-6,8	1,20
Aire exterior				-5,6 0			90	0,32	-6,8	1,20
Total			0,4569	23,6		3,23				

**Tabla 7.14 – Verificación del riesgo de condensación superficial en aristas inferiores de muros.**

Existe riesgo a la condensación superficial.

#### 7.2.2.3.2. Piso

Componente: Piso										
	e	$\lambda$	R	t	$\delta$	Rv	HR	P	tr	$\Delta T$
	[m]	[W/m·K]	[m <sup>2</sup> ·K/W]	[°C]	[g/m·h·kPa]	[m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	[%]	[kPa]	[°C]	[°C]
Aire interior				18			62,5	1,25	10,8	7,2

<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	3,1				1,25	10,8	-7,7
<b>Madera Pino</b>	0,0254	0,16	0,159	-3,8	0,033	0,77		0,32	-6,8	3,0
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			0,5388	23,6		0,77				

**Tabla 7.15 – Verificación del riesgo de condensación superficial en aristas inferiores de piso.**

Existe riesgo de condensación superficial.

### 7.2.3. Discusión de resultados

Según lo analizado en los puntos anteriores, se puede observar que la falta de aislación térmica en muros y pisos genera superficies internas por debajo de la temperatura de rocío, de forma que existe riesgo de condensación.

## 8. Materiales analizados

A continuación se presentan los materiales constructivos analizados para las diferentes propuestas de cerramientos y sus propiedades.

### 8.1. Materiales destinados a cerramientos verticales

#### 8.1.1. Cerramientos verticales internos

##### 8.1.1.1. Placa T-Plak

Las placas ecológicas T-PLAK®, son fabricadas mediante un proceso de clasificación, separación, triturado y secado de rezagos industriales no contaminados de los envases tipo "Tetra Brik", los que posteriormente son volcados en moldes y sometidos a alta presión y temperatura, logrando una compactación 10 veces superior a su medida.

Se componen mayoritariamente de celulosa (75%), que brinda estabilidad y compone la superficie de impresión. Además, contienen una capa de aluminio de 6,5 µm de espesor que impide el paso de luz y oxígeno al interior del envase. Y, por último, 20% de polietileno en diversas capas que protege de la humedad exterior e interior y permite la adhesión entre la celulosa y el aluminio. La parte polimérica de los envases funciona como ligante, de forma que no es necesario agregar adhesivos adicionales.

Tras procesos limpios se logra una placa aglomerada impermeable, acústica, de gran dureza y muy versátil para múltiples aplicaciones. Se comercializan en las medidas de 1,22 x 2,30 m y en espesores de 6, 10, 12, 16 y 19 mm.



**Imagen 8.1 – Placa de Tplak**

### **8.1.1.2. Placa OSB**

Las siglas OSB se corresponden con las palabras inglesas Oriented Strand Board.

Se trata de un tablero que se obtiene aplicando presión y calor a virutas de madera encoladas. Las virutas tienen una forma y espesor variable, y se alinean formando capas; las exteriores están dispuestas en un sentido relativamente longitudinal (ya que no están completamente orientadas) del tablero, y las de las capas interiores tanto perpendiculares como paralelas o longitudinales.

Se comercializan en medidas de 1.22 m x 2.44 m y diversos espesores, en este caso utilizaremos aquellas de 9,5 mm de espesor.



***Imagen 8.2 – Placa OSB***

### **8.1.1.3. Placa yeso**

Se trata de placas formadas por un núcleo de roca de yeso bihidratado, cuyas capas están revestidas con papel de celulosa especial. Al núcleo de yeso se le adhieren láminas de papel de fibra resistente. La unión de yeso y celulosa se produce por el sistema de amalgamado de moléculas de sulfato de calcio que fraguan, penetrando en el papel especial durante el proceso de fragüe en el tren formador. De la combinación de estos dos materiales, surgen las propiedades esenciales de la placa.

Se fabrican placas estándar y placas especiales. Las placas estándar o STD se comercializan en medidas de 1.22 m x 2.44 m y en espesores de 9,5 mm, 12,7 mm y 15,9 mm. Suelen emplearse en tabiques y revestimientos internos.

Por otro lado, las placas especiales tienen ciertos aditivos en su composición que reducen su capacidad absorbente de agua. De esa manera, son placas resistentes a la humedad y a la formación de moho. Suelen emplearse en ambientes expuestos a la humedad como sanitarios.



**Imagen 8.3 – Placa de Yeso**

### **8.1.1. Revestimiento externo**

#### **8.1.1.1. Placa cementicia**

Las placas cementicias son placas de cemento autoclavadas que se destacan por su resistencia mecánica, resistencia al agua y a la humedad. Se producen a partir de una mezcla homogénea de cemento, sílice y fibras de celulosa seleccionadas.

Suelen utilizarse para cerramientos exteriores, revestimientos, entrepisos, etc. Se comercializan en medidas de 1,2 x 2,4 m y espesores de 8, 10 y 15 mm.



**Imagen 8.4 – Placa cementicia**

#### **8.1.1.4. Placa T-plak**

Descrita anteriormente. El fabricante recomienda usar placas T-Plak® de 15 mm para exterior.

### **8.2. Aislación térmica**

Como se ha mencionado, en este trabajo se priorizaron las propuestas de aislación térmica basadas en materiales naturales o reciclados de provisión local. Dentro del primer grupo, se analizó el aserrín, y dentro del segundo, envases de tetra pak, botellas de pet, cartón común de caja y cartón de maple de huevo.

El aserrín se obtuvo de residuos de madera de Pino Oregón y Ciprés de aserraderos de la región. El resto de los materiales se obtuvieron de envases y se trozaron mediante tijera a un tamaño de 1 cm de lado aproximadamente.



### **Imagen 8.5 – Materiales aislantes.**

#### **8.3. Densidades y porosidades**

La porosidad es una medida de los espacios vacíos en un material, y es una fracción del volumen de huecos sobre el volumen total. Esta característica permite definir dos tipos de densidades, aquella que incluye el espacio poroso y que se calcula como el peso del material por la unidad de volumen que ocupa, llamada densidad aparente; y aquella densidad que corresponde sólo al peso de la unidad de volumen de los sólidos, llamada densidad real.

Estas propiedades fueron analizadas ya que influyen sobre la conductividad térmica y la permeabilidad al vapor de agua de los materiales. Se presentan a continuación.

##### **8.3.1. Materiales destinados a cerramientos**

En la siguiente tabla se pueden ver las densidades de los materiales ensayados por sus fabricantes. Sus valores se obtuvieron de las especificaciones técnicas de los fabricantes.

<b>Material</b>	<b>Densidad [kg/m<sup>3</sup>]</b>
Placa de T-plak	1045,6
Placa OSB	650
Placa Yeso	800
Placa cementicia	1250

**Tabla 8.1 – Densidades de placas**

##### **8.3.2. Materiales para aislación térmica**

Se calculó la densidad aparente de las muestras con los siguientes resultados:

<b>Material ensayado</b>	<b>Densidad aparente [kg/m<sup>3</sup>]</b>
Aserrín	176

Cartón caja	74
Cartón maple	83
Pet	206
Tetra Pak	158

**Tabla 8.2 – Densidades de materiales para aislación.**

Se estima una porosidad del 85% según bibliografía de terceros.

## 8.4. Conductividad térmica

### 8.4.1. Materiales destinados a cerramientos

En la siguiente tabla se pueden observar los datos de conductividad térmica de cada material, ensayados por sus fabricantes.

Material	$\lambda$ [W/m·K]
Placa de T-plak	0,22
Placa OSB	0,13
Placa Yeso	0,38
Placa cementicia	0,28

**Tabla 8.3 – Conductividades térmicas de placas.**

### 8.4.2. Materiales sueltos destinados a aislación térmica

Al tratarse de materiales sueltos no convencionales, se debió ensayar su conductividad térmica.

#### 8.4.2.1. Materiales ensayados

En la siguiente imagen se pueden observar las muestras de materiales ensayados: cartón de maple de huevo (A), envases de tetra pak picado (B), botellas de pet picado (C), cartón común (D) y aserrín (E).



### **Imagen 8.6 – Materiales ensayados.**

Los materiales se secaron en un ambiente calefaccionado.

#### **8.4.2.2. Descripción del ensayo**

Para la realización de los siguientes ensayos se utilizó un “método de medición de la conductividad térmica basado en termistores, que utiliza sensores económicos y accesibles comercialmente, no requiere instrumentos especializados y brinda mediciones razonablemente precisas” (Atkins y Wright, 1990).

Asumiendo que el termistor es una esfera perfecta embebida en una muestra el material a ensayar, cuando la punta del semiconductor del termistor es calentado levemente a causa de la corriente eléctrica, el flujo de calor en estado estacionario puede escribirse como:

$$Q = Kt\sqrt{A_0A_1}\frac{T_0-T_1}{R_1-R_0} \quad (1)$$

Donde

Q es la energía térmica que se genera en la punta del semiconductor

Kt= conductividad térmica del vidrio que cubre el termistor

Ao= área superficial de la esfera del semiconductor

A1= área de la esfera de vidrio

T1= temperatura superficial de la esfera de vidrio

T0= temperatura superficial de la punta del semiconductor

R0= radio de la punta del semiconductor

R1= radio de la esfera de vidrio

Como el área superficial de la esfera es  $4\pi R^2$ , la ecuación puede escribirse como

$$Q = Kt4\pi(T_0 - T_1)\frac{R_1R_0}{R_1-R_0} \quad (2)$$

Asumiendo que la esfera conformada por material a ensayar cubre completamente la esfera de vidrio del termistor, la energía térmica que fluye dentro de la punta de vidrio puede asumirse que fluye también dentro del material, entonces puede escribirse como

$$Q = Km4\pi(T_1 - T_2)\frac{R_2R_1}{R_2-R_1} \quad (3)$$

Donde

Km = conductividad térmica del material

T2 = temperatura superficial de la esfera del material

R2= radio de la esfera del material

Si despejamos Km de la ecuación anterior y asumimos que el volumen de la esfera conformada por el material es muchas veces más grande que la esfera del termistor, por lo que su radio puede considerarse infinito respecto de los radios R0 y R1, obtenemos

$$Km = \frac{Q}{4\pi R_1(T_1-T_2)} \quad (4)$$

Esta ecuación puede utilizarse para encontrar la conductividad térmica del material. Para hacerlo, necesitamos conocer el valor de T1, que puede despejarse de la ecuación (2)

$$T_1 = T_0 - \frac{Q(R_1-R_0)}{Kt4\pi R_0 R_1}$$

Cuando el termistor se calienta, el valor de Q puede obtenerse como

$$Q = 0.2389I_{hot}^2R_{hot}$$

Donde

I= corriente en el termistor

Rhot= resistencia del termistor cuando es calentado

Q= flujo de calor en calorías por segundo

Por lo tanto, un termistor puede usarse para medir la conductividad térmica de un material utilizando las siguientes tres ecuaciones:

$$Q = 0.2389I^2R_{hot}$$

$$Km = \frac{Q}{4\pi R_1(T_1 - T_2)}$$

$$T_1 = T_0 - \frac{Q(R_1 - R_0)}{Kt4\pi R_0 R_1}$$

Teniendo en cuenta que para un termistor dado Ro, R1 y Kt serán constantes y operando y reemplazando entre las ecuaciones, se obtiene:

$$Km = \frac{BQ}{(T_0 - T_2) - AQ} \quad (5)$$

Donde

$$A = \frac{R_1 - R_0}{Kt4\pi R_0 R_1}$$

$$B = \frac{1}{4\pi R_1}$$

Esa ecuación (5) se utiliza para calibrar el termistor y así poder utilizarlo para medir la conductividad térmica de materiales.

Primero, se deben resolver las constantes A y B utilizando dos materiales cuyas conductividades térmicas sean conocidas. Se calcula:

$Q$ = flujo de calor en calorías por segundo

$T_2$  es la temperatura “sin calentar” del material y se obtiene midiendo la temperatura del material antes de calentar el termistor

$T_0$  se obtiene midiendo la corriente del termistor y el voltaje a través de él. Se simplifica a una medición de voltaje si la corriente que calienta el termistor es constante.

Luego, se utilizan dichos valores para calcular las constantes A y B a través de un sistema de 2 ecuaciones y 2 incógnitas, utilizando la ecuación número 5.

### **Método de medición**

Con las constantes A y B conocidas se puede proceder a ensayar los materiales cuya conductividad térmica es desconocida.

- 1- Se inserta el termistor en el material a ensayar y luego se conecta el circuito eléctrico.
- 2- Se aplica una corriente pequeña.
- 3- Cuando el voltaje a través del termistor se vuelve estable, se registra el voltaje y la corriente. Con esos valores se calculará luego la resistencia del termistor y a partir de ella, la temperatura baja.
- 4- Aplicar una corriente mayor y registrar el tiempo.
- 5- Observar el voltaje a través del termistor, cuando se vuelve estable, registrar la corriente y el voltaje.
- 6- Calcular la temperatura más alta y la energía térmica  $Q$  que fue disipada en la muestra.
- 7- Volver a aplicar la corriente de baja temperatura y esperar el mismo intervalo de tiempo durante el cual fue aplicada la corriente alta. Registrar la corriente y el voltaje y volver a calcular la temperatura baja.

Con los valores obtenidos de  $Q$ ,  $T_0$  y  $T_2$  se calcula la conductividad térmica del material utilizando la ecuación 5.

Todas las mediciones se deben tomar durante un estado estacionario. Esta condición se determina monitoreando el voltaje a través del termistor, cuando el voltaje es estable, las condiciones térmicas están en estado estacionario.



**Imagen 8.7– Ensayo de conductividades térmicas.**

#### 8.4.2.3. Resultados

Material ensayado	Densidad aparente [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/m·K]
Aserrín	176	0,061
Cartón caja	74	0,054
Cartón maple	83	0,059
Pet	206	0,290
Tetra Pak	158	0,140

**Tabla 8.4 – Resultados ensayo de conductividad térmica.**

Para el cálculo del error de la medición se realizó una propagación de errores partiendo de los errores de medición directa de tensión ( $e=0,2V$ ), resistencia ( $e=0,1 \Omega$ ) y temperatura ( $e=0,5K$ ). Se obtuvo un error resultante en la medición de la conductividad de 9%.

### 8.5. Permeabilidad al vapor de agua

#### 8.5.1. Materiales destinados a cerramientos

Los valores se obtuvieron de la norma IRAM 11601:

Material	$\delta$ [g/m·h·kPa]
Placa de T-plak	0,0122
Placa OSB	0,0031
Placa Yeso	0,078
Placa cementicia	0,026

**Tabla 8.5 – Permeabilidad al vapor de agua en placas.**

### 8.5.2. Materiales sueltos destinados a aislación

Al tratarse de materiales sueltos sin compactación los poros se interconectan permitiendo el paso de vapor de agua, por lo que se estimó de forma conservadora que su permeabilidad al vapor de agua es la del aire en reposo de 0,626 g/m·h·kPa.

## 9. Propuestas de diseño

A continuación se detallan las propuestas de diseño y sus respectivas verificaciones.

### 9.1. Cerramientos verticales

El criterio adoptado para diseñar las propuestas para los cerramientos verticales fue, para todos los materiales analizados, adoptar el espesor mínimo que cumple todas las verificaciones de las normas IRAM de acondicionamiento de edificios simultáneamente (transmitancia térmica mínima de IRAM 11601, riesgo de condensación en paños centrales de IRAM 11625 y riesgo de condensación en puntos singulares de IRAM 11630).

La verificación más exigente es la correspondiente a condensación superficial en puntos singulares. Al diseñar un cerramiento que cumple con estos requisitos, en la totalidad de los casos resultaron transmitancias térmicas acordes al nivel de confort propuesto.

En el caso de condensación superficial en puntos singulares se muestran únicamente los cálculos para el caso encuentro muro-piso ( $R_{si}=0,34 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ). No resultó necesario exponer los cálculos de condensación superficial en encuentro entre muros dado que la resistencia superficial interior para dicho caso es menor ( $R_{si}=0,25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ). Es decir, por tener la verificación al riesgo de condensación superficial en el encuentro entre los muros y la cubierta un resultado positivo, también lo tendrá el encuentro entre muros.

Como se ha mencionado anteriormente, las propuestas de diseño deben encajar en la trayectoria habitacional propuesta por TECHO. En el caso de los cerramientos verticales, se distinguió el análisis en dos etapas, primero la incorporación de aislación térmica y revestimiento interior, y luego la incorporación de revestimiento exterior.

#### 9.1.1. Propuestas de aislamiento y revestimiento interior

Se analizaron tres caminos diferentes: revestimiento interno con placas de Tplak, revestimiento interno con placas de OSB y revestimiento interno con placas de yeso. Para cada opción, se analizaron las distintas propuestas de aislación térmica. A continuación se presenta la verificación de todas las combinaciones posibles con el espesor de aislamiento requerido:

##### 9.1.1.1. Placa OSB – Aislación – Placa Tplak

A continuación se presentan las combinaciones de diferentes aislaciones térmicas para un cerramiento con placas de Tplak interiores:

#### 9.1.1.1.1. Aserrín

*Cálculo y verificación de transmitancia térmica*

Componente: Muro			
Flujo de calor: Horizontal			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Capa aserrín	0,04	0,061	0,656
Placa TPlak	0,01	0,22	0,045
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,06</b>		<b>0,948</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>1,05</b>		

Referencia Norma IRAM		¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]	1,45	Sí

*Verificación de riesgo de condensación intersticial*

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia</b>			0,13	14,8				1,25	10,8	4,0

<b>superficial interior</b>										
Placa TPlak	0,01	0,22	0,0455	13,6	0,0122	89,29		0,35	-6	19,6
Capa aserrín	0,04	0,061	0,6557	-2,7	0,626	0,06		0,35	-6	3,3
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,6	0,0031	3,23		0,32	-6,8	2,2
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			0,9481	23,6		92,58				

*Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso*

Componente: Muro										
	e	$\lambda$	R	t	$\delta$	Rv	HR	P	tr	$\Delta T$
	[m]	[W/m·K]	[m <sup>2</sup> ·K/W]	[°C]	[g/m·h·kPa]	[m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	[%]	[kPa]	[°C]	[°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	11,1				1,25	10,8	0,3
Placa TPlak	0,01	0,22	0,0455	10,1	0,0122	89,29		0,35	-6	16,1
Capa aserrín	0,04	0,061	0,6557	-3,2	0,626	0,06		0,35	-6	2,8
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,8	0,0031	3,23		0,32	-6,8	2,0
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2

<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,1581	23,6		92,58				

El aserrín en su espesor mínimo de 4 cm con revestimiento interno de Tplak cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios.

#### 9.1.1.1.2. Cartón común

Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Componente: Muro			
Flujo de calor: Horizontal			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Capa cartón común	0,04	0,054	0,741
Placa TPlak	0,01	0,22	0,045
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,06</b>		<b>1,033</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,97</b>		
Referencia Norma IRAM			¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,45	Sí

Verificación de riesgo de condensación intersticial

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2

<b>Resistencia superficial interior</b>			0,13	15,0				1,25	10,8	4,2
Placa TPlak	0,01	0,22	0,0455	14,0	0,0122	89,29		0,35	-6	20,0
Capa cartón común	0,04	0,054	0,741	-2,9	0,626	0,06		0,35	-6	3,1
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,7	0,0031	3,23		0,32	-6,8	2,1
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,0331	23,6		92,58		0,93		

Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Componente: Muro										
	e	$\lambda$	R	t	$\delta$	Rv	HR	P	tr	$\Delta T$
	[m]	[W/m·K]	[m <sup>2</sup> ·K/W]	[°C]	[g/m·h·kPa]	[m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	[%]	[kPa]	[°C]	[°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	11,5				1,25	10,8	0,7
Placa TPlak	0,01	0,22	0,0455	10,7	0,0122	89,29		0,35	-6	16,7
Capa cartón común	0,04	0,054	0,741	-3,4	0,626	0,06		0,35	-6	2,6
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,8	0,0031	3,23		0,32	-6,8	2,0
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,2431	23,6		92,58		0,93		

El cartón común en su espesor mínimo de 4 cm con revestimiento interno de Tplak cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios.

### 9.1.1.1.3. Cartón maple

Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Componente: Muro			
Flujo de calor: Horizontal			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Capa cartón maple	0,04	0,059	0,678
Placa TPlak	0,01	0,22	0,045
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,06</b>		<b>0,970</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>1,03</b>		
Referencia Norma IRAM			¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,45	Sí

Verificación de riesgo de condensación intersticial

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
Aire interior				18			62,5	1,25	10,8	7,2
Resistencia superficial interior			0,13	14,8				1,25	10,8	4,0
Placa TPlak	0,01	0,22	0,0455	13,7	0,0122	89,29		0,35	-6	19,7
Capa cartón maple	0,04	0,059	0,678	-2,8	0,626	0,06		0,35	-6	3,2

<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,6	0,0031	3,23		0,32	-6,8	2,2
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			0,9703	23,6		92,58		0,93		

Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Componente: Muro										
	e	$\lambda$	R	t	$\delta$	Rv	HR	P	tr	$\Delta T$
	[m]	[W/m·K]	[m <sup>2</sup> ·K/W]	[°C]	[g/m·h·kPa]	[m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	[%]	[kPa]	[°C]	[°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	11,5				1,25	10,8	0,7
Placa TPlak	0,01	0,22	0,0455	10,7	0,0122	89,29		0,35	-6	16,7
Capa cartón maple	0,04	0,059	0,678	-2,2	0,626	0,06		0,35	-6	3,8
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-3,6	0,0031	3,23		0,32	-6,8	3,2
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-4,4				0,32	-6,8	2,4
<b>Aire exterior</b>				-4,4			90	0,32	-6,8	2,4
<b>Total</b>			1,1803	23,6		92,58		0,93		

El cartón de maple en su espesor mínimo de 4 cm con revestimiento interno de Tplak cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios.

#### 9.1.1.1.4. TetraPak

Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Componente: Muro			
Flujo de calor: Horizontal			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Capa tetra pak	0,1	0,14	0,714
Placa TPlak	0,01	0,22	0,045
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,12</b>		<b>1,007</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,99</b>		
Referencia Norma IRAM			¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,45	Sí

*Verificación de riesgo de condensación intersticial*

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,13	15,0				1,25	10,8	4,2
Placa TPlak	0,01	0,22	0,0455	13,9	0,0122	89,29		0,35	-6	19,9
Capa tetra pak	0,1	0,14	0,714	-2,9	0,626	0,16		0,35	-6	3,1
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,7	0,0031	3,23		0,32	-6,8	2,1
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2

<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,0067	23,6		92,68		0,93		

Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Componente: Muro										
	e	$\lambda$	R	t	$\delta$	Rv	HR	P	tr	$\Delta T$
	[m]	[W/m·K]	[m <sup>2</sup> ·K/W]	[°C]	[g/m·h·kPa]	[m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	[%]	[kPa]	[°C]	[°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	11,4				1,25	10,8	0,6
Placa TPlak	0,01	0,22	0,0455	10,5	0,0122	89,29		0,35	-6	16,5
Capa tetra pak	0,1	0,14	0,714	-3,3	0,626	0,16		0,35	-6	2,7
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,8	0,0031	3,23		0,32	-6,8	2,0
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,2167	23,6		92,68		0,93		

El tetra-pak en su espesor mínimo de 10 cm con revestimiento interno de Tplak cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios.

#### 9.1.1.1.5. PET

Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Componente: Muro
Flujo de calor: Horizontal

Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Capa pet	0,2	0,29	0,690
Placa TPlak	0,01	0,22	0,045
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,22</b>		<b>0,982</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>1,02</b>		
Referencia Norma IRAM			¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,45	Sí

*Verificación de riesgo de condensación intersticial*

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,13	14,9				1,25	10,8	4,1
Placa TPlak	0,01	0,22	0,0455	13,8	0,0122	89,29		0,36	-6	19,8
Capa pet	0,2	0,29	0,690	-2,8	0,626	0,32		0,35	-6	3,2
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,6	0,0031	3,23		0,32	-6,8	2,2
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2

<b>Total</b>			0,9820	23,6		92,84		0,93		
--------------	--	--	--------	------	--	-------	--	------	--	--

Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Componente: Muro										
	e	$\lambda$	R	t	$\delta$	Rv	HR	P	tr	$\Delta T$
	[m]	[W/m·K]	[m <sup>2</sup> ·K/W]	[°C]	[g/m·h·kPa]	[m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	[%]	[kPa]	[°C]	[°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	11,3				1,25	10,8	0,5
Placa Tplak	0,01	0,22	0,0455	10,4	0,0122	89,29		0,36	-6	16,4
Capa pet	0,2	0,29	0,690	-3,3	0,626	0,32		0,35	-6	2,7
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,8	0,0031	3,23		0,32	-6,8	2,0
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,1920	23,6		92,84		0,93		

El PET en su espesor mínimo de 20 cm con revestimiento interno de Tplak cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios.

#### 9.1.1.2. Placa OSB – Aislación – Barrera de Vapor - Placa OSB

Al reemplazar la placa de Tplak por una placa de OSB como revestimiento interior se debió incorporar barrera de vapor para evitar el riesgo de condensación. A continuación se presentan las combinaciones de diferentes aislaciones térmicas para un cerramiento con placas de OSB interiores y barrera de vapor de polietileno de 200 micrones.

### 9.1.1.2.1. Aserrín

Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Componente: Muro			
Flujo de calor: Horizontal			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Capa aserrín	0,05	0,061	0,820
Polietileno	0,0002		
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,0702</b>		<b>1,144</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,87</b>		
Referencia Norma IRAM			¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,45	Sí

Verificación de riesgo de condensación intersticial

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,13	15,3				1,25	10,8	4,5
Placa OSB	0,01	0,13	0,077	13,7	0,0031	3,23		1,23	10,2	3,5
Polietileno	0,0002	0	0,000	13,7	0	125,00		0,34	-6	19,7

Capa aserrín	0,05	0,061	0,8197	-3,2	0,626	0,08	0,34	-6	2,8	
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,077	-4,8	0,0031	3,23	0,32	-6,8	2,0	
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6			0,32	-6,8	1,2	
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,1435	23,6		131,53	0,93			

Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	12,1				1,25	10,8	1,3
Placa OSB	0,01	0,13	0,077	10,7	0,0031	3,23	1,23	10,3	0,4	
Polietileno	0,0002	0	0,000	10,7	0	125,00	0,34	-4	14,7	
Capa aserrín	0,05	0,061	0,8197	-3,6	0,626	0,08	0,34	-4	0,4	
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,9	0,0031	3,23	0,32	-6,8	1,9	
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6			0,32	-6,8	1,2	
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2

<b>Total</b>			1,3535	23,6		131,53		0,93	
--------------	--	--	--------	------	--	--------	--	------	--

El aserrín en su espesor mínimo de 5 cm con barrera de vapor en el lado caliente y revestimiento interno de OSB cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios.

#### 9.1.1.2.2. Cartón común

Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Componente: Muro			
Flujo de calor: Horizontal			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Capa cartón c	0,04	0,054	0,741
Polietileno	0,0002		
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,0602</b>		<b>1,065</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,94</b>		
Referencia Norma IRAM			¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,45	Sí

Verificación de riesgo de condensación intersticial

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2

<b>Resistencia superficial interior</b>			0,13	15,1				1,25	10,8	4,3
Placa OSB	0,01	0,13	0,077	13,4	0,0031	3,23		1,23	10,2	3,2
Polietileno	0,0002	0	0,000	13,4	0	125,00		0,34	-6	19,4
Capa cartón c	0,04	0,054	0,7407	-3,0	0,626	0,06		0,34	-6	3,0
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,077	-4,7	0,0031	3,23		0,32	-6,8	2,1
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,0646	23,6		131,52		0,93		

Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	11,7				1,25	10,8	0,9
Placa OSB	0,01	0,13	0,077	10,3	0,0031	3,23		1,23	10,2	0,1
Polietileno	0,0002	0	0,000	10,3	0	125,00		0,34	-6	16,3
Capa cartón c	0,04	0,054	0,7407	-3,4	0,626	0,06		0,34	-6	2,6
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,9	0,0031	3,23		0,32	-6,8	1,9

<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,2746	23,6		131,52		0,93		

El cartón común en su espesor mínimo de 4 cm con barrera de vapor del lado caliente y revestimiento interno de OSB cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios.

#### 9.1.1.2.3. Cartón maple

Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Componente: Muro			
Flujo de calor: Horizontal			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Capa cartón maple	0,05	0,059	0,847
Polietileno	0,0002		
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,0702</b>		<b>1,171</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,85</b>		
Referencia Norma IRAM			¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,45	Sí

Verificación de riesgo de condensación intersticial

Componente: Muro
------------------

	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,13	15,4				1,25	10,8	4,6
Placa OSB	0,01	0,13	0,077	13,8	0,0031	3,23		1,23	10,2	3,6
Polietileno	0,0002	0	0,000	13,8	0	125,00		0,34	-6	19,8
Capa cartón maple	0,05	0,059	0,8475	-3,2	0,626	0,08		0,34	-6	2,8
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,077	-4,8	0,0031	3,23		0,32	-6,8	2,0
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,1713	23,6		131,53		0,93		

Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	12,2				1,25	10,8	1,4
Placa OSB	0,01	0,13	0,077	10,9	0,0031	3,23		1,23	10,2	0,7

Polietileno	0,0002	0	0,000	10,9	0	125,00	0,34	-6	16,9
Capa cartón maple	0,05	0,059	0,8475	-3,6	0,626	0,08	0,34	-6	2,4
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,9	0,0031	3,23	0,32	-6,8	1,9
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6			0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6		90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,3813	23,6		131,53	0,93		

El cartón de maple en su espesor mínimo de 5 cm con barrera de vapor del lado caliente y revestimiento interno de OSB cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios.

#### 9.1.1.2.4. TetraPak

Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Componente: Muro			
Flujo de calor: Horizontal			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Capa tetra pak	0,15	0,14	1,071
Polietileno	0,0002		
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,1702</b>		<b>1,395</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,72</b>		
Referencia Norma IRAM	¿Cumple?		

Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]	1,45	Sí
---	------	----

Verificación de riesgo de condensación intersticial

Componente: Muro										
	e [m]	λ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	ΔT [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,13	15,8				1,25	10,8	5,0
Placa OSB	0,01	0,13	0,077	14,5	0,0031	3,23		1,23	10,2	4,3
Polietileno	0,0002	0	0,000	14,5	0	125,00		0,34	-6	20,5
Capa tetrapak	0,15	0,14	1,0714	-3,6	0,626	0,24		0,34	-6	2,4
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,077	-4,9	0,0031	3,23		0,32	-6,8	1,9
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,3953	23,6		131,69		0,93		

Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Componente: Muro										
	e [m]	λ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	ΔT [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2

<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	13,0				1,25	10,8	2,2
Placa OSB	0,01	0,13	0,077	11,9	0,0031	3,23		1,23	10,2	1,7
Polietileno	0,0002	0	0,000	11,9	0	125,00		0,34	-6	17,9
Capa tetrapak	0,15	0,14	1,0714	-3,9	0,626	0,24		0,34	-6	2,1
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-5,0	0,0031	3,23		0,32	-6,8	1,8
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,6053	23,6		131,69		0,93		

El TetraPak en su espesor mínimo de 15 cm con barrera de vapor del lado caliente y revestimiento interno de OSB cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios.

#### 9.1.1.2.5. PET

Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Componente: Muro			
Flujo de calor: Horizontal			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Capa pet	0,25	0,29	0,862
Polietileno	0,0002		
Placa OSB	0,01	0,13	0,077

Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,2702</b>		<b>1,186</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,84</b>		
Referencia Norma IRAM			¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,45	Sí

Verificación de riesgo de condensación intersticial

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
Aire interior				18			62,5	1,25	10,8	7,2
Resistencia superficial interior			0,13	15,4				1,25	10,8	4,6
Placa OSB	0,01	0,13	0,077	13,9	0,0031	3,23		1,23	10,2	3,7
Polietileno	0,0002	0	0,000	13,9	0	125,00		0,35	-6	19,9
Capa pet	0,25	0,29	0,8621	-3,3	0,626	0,40		0,34	-6	2,7
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,077	-4,8	0,0031	3,23		0,32	-6,8	2,0
Resistencia superficial exterior			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
Aire exterior				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,1859	23,6		131,85		0,93		

Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Componente: Muro										
------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	12,3				1,25	10,8	1,5
Placa OSB	0,01	0,13	0,077	11,0	0,0031	3,23		1,23	10,2	0,8
Polietileno	0,0002	0	0,000	11,0	0	125,00		0,35	-6	17,0
Capa pet	0,25	0,29	0,8621	-3,6	0,626	0,40		0,34	-6	2,4
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,9	0,0031	3,23		0,32	-6,8	1,9
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,3959	23,6		131,85		0,93		

El PET en su espesor mínimo de 25 cm con barrera de vapor del lado caliente y revestimiento interno de OSB cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios.

### 9.1.1.3. Placa OSB – Aislación – Barrera de Vapor - Placa Yeso

Al igual que en el caso anterior, se debió incorporar barrera de vapor para evitar el riesgo de condensación. A continuación se presentan las combinaciones de diferentes aislaciones térmicas para un cerramiento con placas de yeso interiores y barrera de vapor de polietileno de 200 micrones.

#### 9.1.1.3.1. Aserrín

Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Componente: Muro			
Flujo de calor: Horizontal			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Polietileno	0,0002		
Capa aserrín	0,05	0,061	0,820
Placa Yeso	0,01	0,38	0,026
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,0702</b>		<b>1,093</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,91</b>		
Referencia Norma IRAM			¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,45	Sí

Verificación de riesgo de condensación intersticial

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
Aire interior				18			62,5	1,25	10,8	7,2
Resistencia superficial interior			0,13	15,2				1,25	10,8	4,4
Placa Yeso	0,01	0,38	0,026	14,6	0,078	0,13		1,25	10,8	3,8
Polietileno	0,0002	0	0,000	14,6	0	125,00		0,34	-6	20,6

Capa aserrín	0,05	0,061	0,8197	-3,1	0,626	0,08	0,34	-6	2,9	
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,7	0,0031	3,23	0,32	-6,8	2,1	
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6			0,32	-6,8	1,2	
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,0929	23,6		128,43	0,93			

Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	11,8				1,25	10,8	1,0
Placa Yeso	0,01	0,38	0,026	11,4	0,078	0,13		1,25	10,8	0,6
Polietileno	0,0002	0	0,000	11,4	0	125,00		0,34	-6	17,4
Capa aserrín	0,05	0,061	0,8197	-3,5	0,626	0,08		0,34	-6	2,5
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,9	0,0031	3,23		0,32	-6,8	1,9
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2

<b>Total</b>			1,3029	23,6		128,43		0,93	
--------------	--	--	--------	------	--	--------	--	------	--

El aserrín en su espesor mínimo de 5 cm con barrera de vapor y revestimiento interno de placa de yeso cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios.

### 9.1.1.3.2. Cartón común

Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Componente: Muro			
Flujo de calor: Horizontal			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Polietileno	0,0002		
Capa cartón común	0,05	0,054	0,926
Placa Yeso	0,01	0,38	0,026
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,0702</b>		<b>1,199</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,83</b>		
Referencia Norma IRAM			¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,45	Sí

Verificación de riesgo de condensación intersticial

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2

<b>Resistencia superficial interior</b>			0,13	15,4				1,25	10,8	4,6
Placa Yeso	0,01	0,38	0,026	14,9	0,078	0,13		1,25	10,8	4,1
Polietileno	0,0002	0	0,000	14,9	0	125,00		0,34	-6	20,9
Capa cartón común	0,05	0,054	0,9259	-3,3	0,626	0,08		0,34	-6	2,7
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,8	0,0031	3,23		0,32	-6,8	2,0
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,1992	23,6		128,43		0,93		

Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	12,3				1,25	10,8	1,5
Placa Yeso	0,01	0,38	0,026	11,9	0,078	0,13		1,25	10,8	1,1
Polietileno	0,0002	0	0,000	11,9	0	125,00		0,34	-6	17,9
Capa cartón común	0,05	0,054	0,9259	-3,6	0,626	0,08		0,34	-6	2,4

<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,9	0,0031	3,23		0,32	-6,8	1,9
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,4092	23,6		128,43		0,93		

El cartón común en su espesor mínimo de 5 cm con barrera de vapor y revestimiento interno de placa de yeso cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios.

### 9.1.1.3.3. Cartón maple

Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Componente: Muro			
Flujo de calor: Horizontal			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Polietileno	0,0002		
Capa cartón maple	0,05	0,059	0,847
Placa Yeso	0,01	0,38	0,026
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,0702</b>		<b>1,121</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,89</b>		
Referencia Norma IRAM			¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,45	Sí

Verificación de riesgo de condensación intersticial

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,13	15,3				1,25	10,8	4,5
Placa Yeso	0,01	0,38	0,026	14,7	0,078	0,13		1,25	10,8	3,9
Polietileno	0,0002	0	0,000	14,7	0	125,00		0,34	-6	20,7
Capa cartón maple	0,05	0,059	0,8475	-3,1	0,626	0,08		0,34	-6	2,9
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,8	0,0031	3,23		0,32	-6,8	2,0
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,1207	23,6		128,43		0,93		

Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2

<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	12,0				1,25	10,8	1,2
Placa Yeso	0,01	0,38	0,026	11,5	0,078	0,13		1,25	10,8	0,7
Polietileno	0,0002	0	0,000	11,5	0	125,00		0,34	-6	17,5
Capa cartón maple	0,05	0,059	0,8475	-3,5	0,626	0,08		0,34	-6	2,5
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,9	0,0031	3,23		0,32	-6,8	1,9
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,3307	23,6		128,43		0,93		

El cartón de maple en su espesor mínimo de 5 cm con barrera de vapor y revestimiento interno de placa de yeso cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios.

#### 9.1.1.3.4. TetraPak

Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Componente: Muro			
Flujo de calor: Horizontal			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Polietileno	0,0002		
Capa tetra pak	0,15	0,14	1,071

Placa Yeso	0,01	0,38	0,026
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,1702</b>		<b>1,345</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,74</b>		
Referencia Norma IRAM			¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,45	Sí

Verificación de riesgo de condensación intersticial

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
Aire interior				18			62,5	1,25	10,8	7,2
Resistencia superficial interior			0,13	15,7				1,25	10,8	4,9
Placa Yeso	0,01	0,38	0,026	15,3	0,078	0,13		1,25	10,8	4,5
Polietileno	0,0002	0	0,000	15,3	0	125,00		0,35	-6	21,3
Capa tetrapak	0,15	0,14	1,0714	-3,5	0,626	0,24		0,34	-6	2,5
Placa OSB	0,01	0,13	0,0769	-4,9	0,0031	3,23		0,32	-6,8	1,9
Resistencia superficial exterior			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
Aire exterior				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			<b>1,3447</b>	<b>23,6</b>		<b>128,59</b>		<b>0,93</b>		

Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	12,8				1,25	10,8	2,0
Placa Yeso	0,01	0,38	0,026	12,4	0,078	0,13		1,25	10,8	1,6
Polietileno	0,0002	0	0,000	12,4	0	125,00		0,35	-6	18,4
Capa tetrapak	0,15	0,14	1,0714	-3,8	0,626	0,24		0,34	-6	2,2
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-5,0	0,0031	3,23		0,32	-6,8	1,8
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,5547	23,6		128,59		0,93		

El TetraPak en su espesor mínimo de 15 cm con barrera de vapor y revestimiento interno de placa de yeso cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios.

#### 9.1.1.3.5. PET

Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Componente: Muro
Flujo de calor: Horizontal

Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa OSB	0,01	0,13	0,077
Polietileno	0,0002		
Capa pet	0,25	0,29	0,862
Placa Yeso	0,01	0,38	0,026
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Total resistencia</b>	<b>0,2702</b>		<b>1,135</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,88</b>		
Referencia Norma IRAM			¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,45	Sí

Verificación de riesgo de condensación intersticial

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,13	15,3				1,25	10,8	4,5
Placa Yeso	0,01	0,38	0,026	14,8	0,078	0,13		1,25	10,8	4,0
Polietileno	0,0002	0	0,000	14,8	0	125,00		0,35	-6	20,8
Capa pet	0,25	0,29	0,8621	-3,2	0,626	0,40		0,34	-6	2,8
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,8	0,0031	3,23		0,32	-6,8	2,0
<b>Resistencia</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2

<b>superficial exterior</b>										
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,1353	23,6		128,75		0,93		

Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Componente: Muro										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	12,0				1,25	10,8	1,2
Placa Yeso	0,01	0,38	0,026	11,6	0,078	0,13		1,25	10,8	0,8
Polietileno	0,0002	0	0,000	11,6	0	125,00		0,35	-6	17,6
Capa pet	0,25	0,29	0,8621	-3,5	0,626	0,40		0,34	-6	2,5
<b>Placa OSB</b>	0,01	0,13	0,0769	-4,9	0,0031	3,23		0,32	-6,8	1,9
<b>Resistencia superficial exterior</b>			0,04	-5,6				0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			1,3453	23,6		128,75		0,93		

El PET en su espesor mínimo de 25 cm con barrera de vapor y revestimiento interno de placa de yeso cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios.

### **9.1.2. Propuestas de revestimiento exterior**

Para el caso del revestimiento exterior, se analizaron las siguientes alternativas: Placas Tpak o placas Cementicias.

#### **9.1.2.1. Placas Tplak**

Dada su baja permeabilidad al vapor de agua, la incorporación de estas placas como revestimiento exterior genera riesgo de condensación superficial e intersticial en todas las alternativas anteriormente propuestas por lo que fue descartada como opción.

#### **9.1.2.2. Placas Cementicias**

Para la totalidad de alternativas presentadas cumple las verificaciones de acondicionamiento térmico de edificios.

### **9.2. Cerramientos horizontales**

#### **9.2.1. Cubierta**

La cubierta en su estado original cumple los requisitos de las IRAM de confort higrotérmico para nivel de confort C por lo que se mantendrá la propuesta original.

#### **9.2.2. Piso**

La propuesta de cerramiento realizada consiste en generar una cámara de aire estanca entre el suelo y el piso de la vivienda. Para ello, se cerrará el perímetro con machimbre de ½" de espesor.

La profundidad de empotramiento de los pilotes es variable pero la longitud libre mínima requerida por la organización TECHO es de 15 cm. De esta forma, la cámara de aire se consideró de 15 cm de espesor, ya que es la más conservadora desde el punto de vista de rendimiento higrotérmico. Con ésta modificación, el piso cumple los requisitos de las normas IRAM, como se puede ver a continuación:

*Cálculo y verificación de transmitancia térmica*

Componente: Piso

Flujo de calor: Vertical (Descendente - invierno)			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Madera	0,0254	0,16	0,16
Cámara de aire	0,200	0,025	8,00
Resistencia superficial interior			0,17
<b>Total resistencia</b>	<b>0,2254</b>		<b>8,33</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,120</b>		

Componente: Piso			
Flujo de calor: Vertical (Ascendente - verano)			
Capa de elemento constructivo	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]
Madera	0,0254	0,16	0,16
Cámara de aire	0,200	0,025	8,00
Resistencia superficial interior			0,1
<b>Total resistencia</b>	<b>0,2254</b>		<b>8,26</b>
<b>Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·K]</b>	<b>0,121</b>		

Referencia Norma IRAM	¿Cumple?
Transmitancia térmica máx invierno [W/m <sup>2</sup> ·K]	1 Sí

Verificación de riesgo de condensación intersticial

Componente: Piso										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia</b>			0,17	17,5				1,25	10,8	6,7

<b>superficial interior</b>										
<b>Madera</b>	0,0254	0,16	0,159	17,1	0,033	0,77		0,59	0	17,1
<b>Cámara de aire</b>	0,200	0,025	8,000	-5,6	0,626	0,32		0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			8,3288	23,6		1,09		0,93		

Verificación riesgo de condensación superficial encuentro muro piso

Componente: Piso										
	e [m]	$\lambda$ [W/m·K]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	t [°C]	$\delta$ [g/m·h·kPa]	Rv [m <sup>2</sup> ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	tr [°C]	$\Delta T$ [°C]
<b>Aire interior</b>				18			62,5	1,25	10,8	7,2
<b>Resistencia superficial interior</b>			0,34	17,1				1,25	10,8	6,3
<b>Madera</b>	0,0254	0,16	0,159	16,6	0,033	0,77		0,59	0	16,6
<b>Cámara de aire</b>	0,200	0,025	8,000	-5,6	0,626	0,32		0,32	-6,8	1,2
<b>Aire exterior</b>				-5,6			90	0,32	-6,8	1,2
<b>Total</b>			8,4988	23,6		1,09		0,93		

## 10. Análisis de propuestas

### 10.1. Resumen de propuestas

A continuación se presentan las propuestas que cumplen la normativa IRAM, descritas desde su revestimiento exterior hacia adentro.

A) Placa Cementicia + Placa OSB + Aislación + Tplak

- A1. Aserrín 4cm
- A2. Cartón común 4cm
- A3. Cartón maple huevos 4 cm
- A4. Tetra Pack 10 cm
- A5. PET 20cm

B) Placa Cementicia + Placa OSB + Aislación + Barrera de Vapor + Placa OSB

- B1. Aserrín 5 cm
- B2. Cartón común 4cm
- B3. Cartón maple huevos 5cm
- B4. Tetra Pack 15 cm
- B5. PET 25cm

C) Placa Cementicia + Placa OSB + Aislación + Barrera de Vapor + Placa Yeso

- C1. Aserrín 5 cm
- C2. Cartón común 5cm
- C3. Cartón maple huevos 5cm
- C4. Tetra Pack 15 cm
- C5. PET 25cm

A continuación se detalla el volumen de material de aislación térmica requerido para cada propuesta

Código propuesta	Aislación térmica	Vol requerido [m3]
A1	Aserrín 4cm	2,16

A2	Cartón común 4cm	2,16
A3	Cartón maple 4cm	2,16
A4	Tetrapak 10cm	5,39
A5	PET 20 cm	10,78
B1	Aserrín 5cm	2,70
B2	Cartón común 4cm	2,16
B3	Cartón maple 5cm	2,70
B4	Tetrapak 15cm	8,09
B5	PET 25 cm	13,48
C1	Aserrín 5cm	2,70
C2	Cartón común 5cm	2,70
C3	Cartón maple 5cm	2,70
C4	Tetrapak 15cm	8,09
C5	PET 25 cm	13,48

**Tabla 10.1 – Volumen de aislación térmica requerido por propuesta**

## 10.2. Cálculo de costos

Se calcularon los costos de optimización de la vivienda. Es decir, a partir del modelo básico de vivienda ya construida, los costos de los materiales que es necesario adicionar para lograr una mejora en la aislación térmica y durabilidad de la vivienda.

Los costos expresados en esta sección corresponden al mes de octubre del año 2020. Se analizaron únicamente costos de materiales y se excluyeron costos de mano de obra y/o herramientas. Los costos de placas se han obtenido en corralones de la zona y los costos referidos a materiales reciclados se obtuvieron de informes del Observatorio de Recicladores.

Para cerramientos verticales se obtuvo

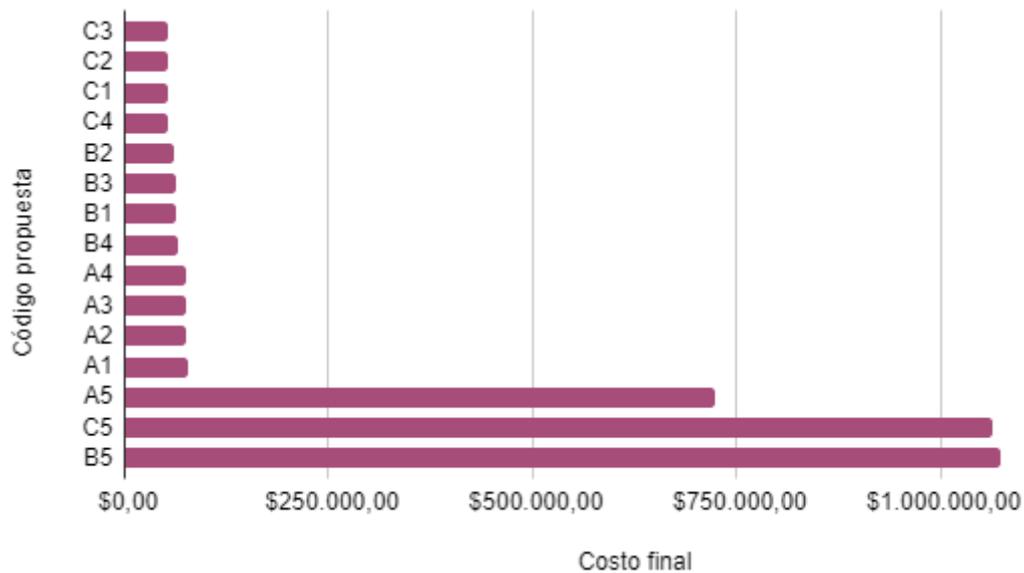
Código propuesta	Materiales aislantes			Cerramientos			Costo final propuesta [\$]
	\$/m2	superficie [m <sup>2</sup> ]	costo parcial [\$]	\$/m2	superficie [m <sup>2</sup> ]	costo parcial [\$]	
A1	69,02	53,924	3721,98	1.354,17	53,92	73.022,08	76.744,06
A2	54,29		2927,42	1.354,17		73.022,08	75.949,50

A3	52,83		2849,02	1.354,17		73.022,08	75.871,11
A4	48,96		2640,11	1.354,17		73.022,08	75.662,19
A5	12.053,4 4		649969,77	1.354,17		73.022,08	722.991,86
B1	107,85		5815,60	1.076,22		58.034,26	63.849,86
B2	54,29		2927,42	1.076,22		58.034,26	60.961,68
B3	82,55		4451,60	1.076,22		58.034,26	62.485,86
B4	110,16		5940,25	1.076,22		58.034,26	63.974,51
B5	18.833,5 0		1015577,77	1.076,22		58.034,26	1.073.612,03
C1	107,85		5815,60	882,51		47.588,34	53.403,94
C2	84,82		4574,09	882,51		47.588,34	52.162,44
C3	82,55		4451,60	882,51		47.588,34	52.039,94
C4	110,16		5940,25	882,51		47.588,34	53.528,59
C5	18.833,5 0		1015577,77	882,51		47.588,34	1.063.166,11

**Tabla 10.2 – Costos de optimización de cerramientos verticales**

Las propuestas más económica son las que utilizan placa de yeso como cerramiento interno, siguiéndolo en económicas las que utilizan placa OSB para dicho fin. Luego, las opciones que utilizan placas de Tplak. Cabe mencionar que todas las opciones vinculadas a aislación térmica a partir de PET presentan valores muy elevados debido al alto valor en mercado de dicho material, sumado a su baja eficiencia térmica como aislante, por lo que demanda un gran volumen para su correcta utilización.

En el siguiente gráfico, se pueden ver las propuestas de cerramientos verticales y su comparación de costos.



**Gráfico 10.1 – Comparación de propuestas**

Para el caso de los cerramientos horizontales, tenemos, por un lado, la cubierta, que según se presentó cumple con los requisitos estipulados por la norma IRAM por lo que no precisa un reacondicionamiento.

En el caso del piso, se propuso generar una cámara de aire de 15 cm de espesor. Para ello, se requirieron 3,11 m<sup>2</sup> de material, es decir, 15cm de altura por el perímetro de la vivienda que es de 20,74 m.

Material	\$/m <sup>2</sup>	superficie [m <sup>2</sup> ]	Costo total [\$]
Machimbres 1/2"	540	3,11	1679,4

El reacondicionamiento del piso, por lo tanto, tendrá un costo de \$1679,4.-

### 10.3. Análisis de las propuestas

En la sección anterior se presentaron los costos totales referidos a los cerramientos verticales. Dicho valor da cuenta del impacto económico que tendría en la familia el mejoramiento de la vivienda, pero no da cuenta del impacto que podría tener en la mejora de las condiciones higrotérmicas, que generan impactos en la salud, bienestar, y también en su economía debido al ahorro en métodos de calefacción.

Para poder contar con una mirada global, el análisis de las propuestas realizadas se realizó bajo la elaboración de un coeficiente combinado de costo y eficiencia térmica. Este coeficiente da cuenta de forma simultánea el impacto económico que tendría para cada familia la realización de la mejora propuesta, y a su vez, denota el impacto que podría tener respecto a la mejora de las condiciones higrotérmicas.

En la siguiente tabla se puede ver el índice combinado de cada propuesta, ordenada de menor a mayor. Las mejores alternativas serán las de menor índice, es decir, las opciones cuyo incremento de la eficiencia térmica involucra un menor costo para las familias.

Código propuesta	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	Costo por unidad de R
C4	1,345	\$738,04
C2	1,199	\$806,78
B4	1,395	\$850,45
C3	1,121	\$860,89
C1	1,093	\$906,09
B3	1,171	\$989,56
B1	1,144	\$1.035,03
B2	1,065	\$1.061,51
A4	1,007	\$1.393,37
A3	0,97	\$1.450,52
A2	0,97	\$1.452,02
A1	0,948	\$1.501,25
A5	0,982	\$13.653,37
B5	1,186	\$16.787,29
C5	1,135	\$17.370,93

**Tabla 10.3 – Costos de optimización por unidad de resistencia térmica**

Como podemos ver, las opciones vinculadas a aislación térmica realizada con PET son las que presentan índices más altos, más allá de los materiales utilizados para cerramiento, debido al alto valor de cotización de dicho material en los circuitos de reciclaje actuales y a la baja

resistencia térmica que presentan, en comparación con las demás alternativas, por lo que se descartarán como opción.

Las opciones que presentan índices más bajos son las que combinan utilización de placas de yeso u OSB como cerramiento interno, y aislaciones a partir de TetraPak, cartón común, cartón maple u aserrín.

Se sugiere la opción de cerramiento interno mediante placas de yeso ya que es más sencillo obtener una buena terminación en su colocación.

## 11. Conclusiones

Según lo expuesto, la falta de aislación térmica en los cerramientos de la vivienda VPA trae diversas consecuencias, desde la generación de ambientes fríos y no confortables para sus habitantes, como la elevación de la humedad relativa interior que genera, al encontrarse con temperaturas superficiales bajas en los cerramientos, la condensación del vapor de agua. Esto no sólo impacta en la vida útil de la vivienda, sino también en la salud de sus moradores. El diseño de una correcta envolvente no sólo genera una mejor habitabilidad, sino también ahorro económico en la calefacción y bienestar para las comunidades más postergadas de nuestro territorio.

Gracias al trabajo de investigación se puede concluir:

La potencialidad de los materiales reciclados como posibles aislantes térmicos, no sólo presentan una baja conductividad térmica y un costo competitivo, sino también resuelven la necesidad de darle un segundo ciclo de uso a estos materiales. Para poder utilizarlos en la industria de la construcción es necesario desarrollar tecnologías para darles tratamiento ignífugo, protección contra hongos e insectos y contra los efectos de la humedad.

Quedó por fuera de este trabajo un análisis del ciclo de vida de cada material, para poder incluir en la ecuación de análisis la huella de carbono y huella energética de cada uno.

En cuanto a los pasos recomendados, se sugiere comenzar el camino de progresividad a partir de la mejora del piso, ya que es el cerramiento que se puede mejorar con la menor inversión. Luego, se sugiere continuar por los muros, comenzando por la orientación sur oeste, completando tanto el revestimiento interno como externo por cada paño de muro mejorado, para asegurar una buena resistencia a la intemperie dado los fuertes vientos y precipitaciones de la región.

En base a lo analizado, se proponen como mejores rutas de progresividad para cerramientos verticales aquellas que utilizan placas de yeso como cerramiento interno. En cuanto a aislación térmica, se sugiere utilizar tetrapak o cartón o aserrín. Esta ruta cumple con los requerimientos planteados tanto por la organización como por las familias. Cabe destacar que para que las familias puedan cumplir con esta propuesta deberán contar con escalera, atornillador eléctrico y caladora.

## 12. Recomendaciones

### 12.1. Orientación

Según norma IRAM 11603, la aislación térmica en paredes, pisos y techos es primordial. Las ventanas, salvo en la orientación norte, deben ser lo más reducidas posibles.

En cuanto a la orientación, dado el clima frío, el asoleamiento es deseable en todas las épocas del año. Por lo tanto, las orientaciones de máxima ganancia de calor radiante son favorables, siendo las mismas NE-N-NO.

En la tabla siguiente se indican las orientaciones que permiten obtener el asoleamiento mínimo en zonas residenciales de media y baja densidad.

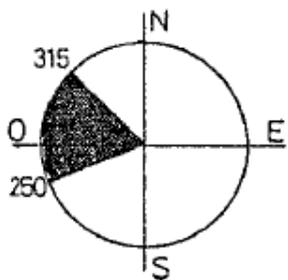
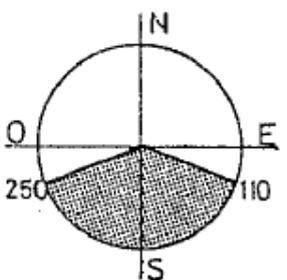
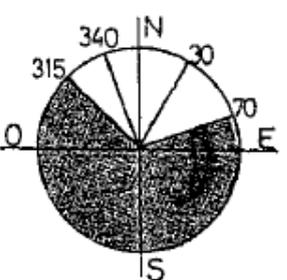
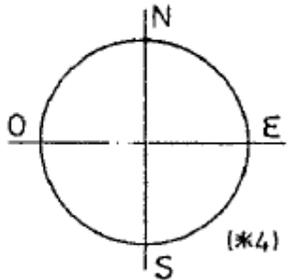
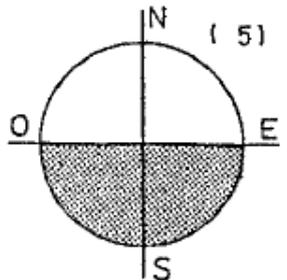
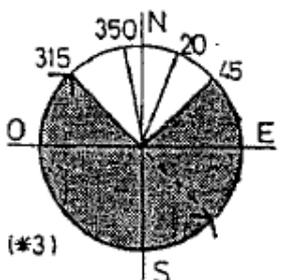
ZONAS BIOAMB.	ORIENT. C/PROTEC. SOLAR NECESARIA	ORIENT. DONDE SE RECIBEN 2 HS ASOL.	ORIENT. FAVORABLES Y OPTIMAS
ZONA VI MUY FRIA N 40' LAT SUR			
ZONA VI MUY FRIA S 40' LAT SUR			
	(*4) No es necesario contar con protección solar.	Fecha de verificación: 21/06 excepto (*5) 15/08.	(*3) Orientaciones a evitar por exposición a los fuertes vientos de la zona.

Imagen 12.1 – Orientaciones sugeridas según zona bioambiental. Fuente: Norma IRAM 11603.

En dicha tabla se realiza gráficamente un análisis comparativo teniendo en cuenta los aspectos térmicos (radiación solar) y psicosigiénicos (mínimo asoleamiento). La tercera columna del cuadro muestra las orientaciones que cumplen simultáneamente con ambas condiciones.

## **12.2. Recomendaciones constructivas**

### Barrera de vapor

La barrera tiene que estar bien colocada. Debe ser continua y no dejar espacios libres donde pase el vapor y condense en el interior del muro. Solapar uniones para que no quede ninguna superficie sin cubrir. Se debe sujetar a los bastidores del panel mediante clavos de 1/2" o grampas.

### Colocación de aislación

Se recomienda colocar por partes la barrera de vapor, desde abajo hacia arriba, y comenzar a llenar el espacio libre con el material aislante térmico. Se deberá comprimir lo mejor posible para evitar el movimiento de aire. A medida que se vaya llenando la superficie, se puede seguir sujetando la barrera de vapor a los bastidores.

## 13. Bibliografía

González A. (2009). Casas cálidas en climas fríos: cómo lograrlo con mínima energía. San Carlos de Bariloche.

González A. (2014). Casas confortables con mínimo uso de energía: estudio de casos prácticos para Argentina y Chile. San Carlos de Bariloche.

González A. (2012). Determinación experimental de conductividad térmica de materiales aislantes naturales y de reciclado.

González A. (2014). La importancia de la eficiencia térmica en casas. San Carlos de Bariloche.

Díaz C. Corredera C. y Czajkowski J. (2005). Resultados de mediciones de confort higrotérmico en viviendas de interés social en tierra del fuego. campaña de verano. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2003). Materiales aislantes térmicos. Espesores de uso. Vocabulario y criterios de aplicación. IRAM 1739.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2002). Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario. IRAM 11549.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2002). Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. IRAM 11601.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (1992). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. IRAM 11603.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2001). Aislamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. IRAM 11604.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. IRAM 11605.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2000). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general. IRAM 11625.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2000). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general. IRAM 11630.

Ronald T. Atkins and Edmund A. Wright (1990). Método de medición de la conductividad térmica basado en termistores. Estados Unidos.

Sampieri Hernandez R., Collado C. Fernández y Lucio P. B. (2002). Metodología de la Investigación (3ª ed.). McGraw-Hill Interamericana. México