

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

FACULTAD DE INGENIERÍA



Proyecto Integrador Profesional

**Evaluación de materiales aislantes de bajo costo en la optimización
energética del cerramiento de la vivienda Semilla de la organización TECHO
en el partido de Moreno, provincia de Buenos Aires.**

Autores

Ciavatti, Nicolás Emanuel

Cornu, Monserrat

Directores

Arq. Di Fiore Dante Enrique

Ing. Gesualdo Guillermo Manuel

INGENIERÍA CIVIL

Neuquén, 2019

Resumen

TECHO es una organización sin fines de lucro que desarrolló el modelo habitacional transitorio llamado vivienda Semilla. Este consta de una estructura resistente de madera de buena calidad y cerramientos verticales de placas obtenidas del reciclaje de envases Tetra Brik. Se construyeron 15 de estas viviendas en el barrio Los Hornos, partido de Moreno en diciembre del 2017. Seis meses después, voluntarios de la organización realizaron una visita y detectaron que las viviendas presentan fríos y humedades excesivos en época invernal y condensación superficial en los cerramientos.

Luego de analizar la vivienda con las normas IRAM de acondicionamiento de edificios se determinó que los problemas antes mencionados se atribuyen a una aislación térmica insuficiente. Se propusieron distintas alternativas de optimización energética de los cerramientos y, luego de contrastar sus rendimientos y costos, se determinó que la utilización de aserrín o lana de vidrio como aislantes térmicos no solo resuelve el discomfort higrotérmico y aumenta la calidad de vida de los usuarios sino que genera ahorros económicos en calefacción significantes, siendo necesaria una inversión baja para su instalación.

Palabras clave: modelo habitacional transitorio, condensación superficial, aislación térmica, optimización energética de cerramientos.

Abstract

TECHO is a non-profit organization that developed the transitional housing model called Semilla home. This home consists of a resistant structure made of good quality wood and vertical closings made of plates obtained from the recycling of Tetra Brik containers. Fifteen of these homes were built in the Los Hornos neighborhood, Buenos Aires province in December 2017. Six months later, volunteers of the organization visited the neighborhood and detected that the homes are excessively cold and have extreme humidities in winter and superficial condensation on the interior of the closings.

After analyzing the house with the IRAM standards for buildings conditioning, it was determined that these problems are attributed to insufficient thermal insulation. Different energy optimization alternatives of the enclosures were proposed and, after comparing their performances and costs, it was determined that the use of sawdust or glass wool as thermal insulators not only solves the hygrothermal discomfort and increases the quality of life of the users but also generates significant economic savings in heating, with a low investment being needed for its installation.

Keywords: transitional housing model, superficial condensation, thermal insulation, energy optimization of enclosures.

Agradecimientos

A nuestros directores Di Fiore Dante y Gesualdo Guillermo por su predisposición y apoyo.

A los voluntarios de la organización TECHO que fueron fundamentales en la creación del proyecto integrador profesional. A Rodríguez Agustina y, del área de Investigación y Desarrollo, a Irazu Maia, Hernández Iñigo y Del Pino Martín por la información brindada y la confianza.

A González Alejandro, especialista en eficiencia energética del CONICET, por proporcionarnos bibliografía conveniente.

A Sommadossi Silvana por ayudarnos en el proceso de estimación de permeabilidad al vapor de agua de los materiales analizados, en conjunto con García Damián.

A Cortes Omar y Simone Daniel por ayudarnos con los ensayos de transmitancia térmica.

Y, finalmente, a nuestros familiares y amigos por el acompañamiento en los años de estudio.

Índice

Resumen.....	i
Abstract.....	ii
Agradecimientos	iii
1. Fundamentación, objetivos y alcance.....	1
1.1. Fundamentación.....	1
1.2. Objetivos.....	1
1.2.1. Objetivo general.....	1
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Alcance	2
2. Marco teórico.....	3
2.1. Nociones de transferencia de calor	3
2.1.1. Calor, temperatura y equilibrio térmico	3
2.1.2. Mecanismos de transferencia de calor.....	3
2.1.3. Conductividad y transmitancia térmica	4
2.1.4. Resistencia térmica	4
2.2. Nociones de transferencia de humedad.....	5
2.2.1. Presión de vapor y humedad relativa	5
2.2.2. Permeabilidad al vapor de agua (δ).....	5
2.2.3. Permeancia al vapor de agua (Δ)	6
2.2.4. Resistencia a la difusión del vapor de agua (R_v)	6
2.2.5. Barrera de vapor	6
2.2.6. Freno de vapor	6
2.2.7. Condensación superficial	6
2.2.8. Condensación intersticial.....	6
2.3. Correlación entre temperatura y humedad	6
2.3.1. Temperatura de bulbo seco y temperatura de bulbo húmedo.....	6
2.3.2. Diagrama psicrométrico.....	7
2.4. Confort Higrotérmico	7
2.4.1. Aislamiento térmico de edificios.....	8
2.5. Normativa utilizada.....	9

2.5.1. IRAM 11601: Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario	9
2.5.2. IRAM 11603: Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina	10
2.5.3. IRAM 11605: Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.....	12
2.5.4. 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	13
2.5.5. 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	16
3. Presentación.....	18
3.1. Partido de Moreno	18
3.1.1. Ubicación y generalidades	18
3.1.2. Ubicación de las viviendas.....	20
3.1.3. Clima.....	22
3.2. Vivienda Semilla	25
3.2.1. Composición del módulo básico	26
3.2.2. Combinación de módulos.....	32
3.3. La problemática	34
3.3.1. Primera visita de los voluntarios de TECHO.....	36
3.3.2. Segunda visita de los voluntarios de TECHO.....	37
3.3.3. Análisis de imágenes satelitales conducido por los alumnos	38
3.3.4. Encuestas telefónicas conducidas por los alumnos.....	39
3.4. Familia y vivienda tipo	41
3.4.1. Familia tipo	41
3.4.2. Vivienda tipo	41
4. Análisis de las condiciones actuales	42
4.1. Transmitancia térmica de los cerramientos.....	42
4.1.1. Muros	42

4.1.2. Cubierta.....	42
4.1.3. Piso.....	43
4.2. Ventilación.....	44
4.3. Riesgo de condensación superficial e intersticial.....	45
4.3.1. Paños centrales.....	45
4.3.2. Puntos singulares.....	50
5. Materiales.....	54
5.1. Composición y proceso de fabricación.....	54
5.1.1. T-Plak.....	54
5.1.2. Bloque 3c.....	55
5.1.3. Materiales sueltos.....	56
5.2. Densidades y porosidades.....	56
5.2.1. T-Plak.....	57
5.2.2. Bloque 3c.....	58
5.2.3. Materiales sueltos.....	58
5.3. Conductividades térmicas.....	58
5.3.1. T-Plak.....	58
5.3.2. Bloque 3c.....	59
5.3.3. Materiales sueltos.....	62
5.4. Estimaciones de la permeabilidad al vapor de agua.....	62
5.4.1. T-Plak.....	62
5.4.2. Bloque 3c.....	65
5.4.3. Materiales sueltos.....	65
6. Propuestas.....	66
6.1. Cerramientos verticales.....	66
6.1.1. Materiales aislantes convencionales.....	67
6.1.2. Bloque 3c.....	73
6.1.3. Materiales sueltos.....	76
6.2. Cerramientos horizontales.....	83
6.2.1. Cubierta.....	83
6.2.2. Piso.....	87
7. Análisis de costos.....	91
7.1. Vivienda Semilla.....	91

7.1.1. Costos de construcción	91
7.1.2. Costos de calefacción	91
7.2. Costos de las propuestas	93
7.2.1. Costos de construcción	93
7.2.2. Costos de calefacción	95
7.3. Contrastación de propuestas	97
7.4. Contrastación de propuestas con la vivienda original.....	99
7.4.1. Cerramientos verticales.....	99
7.4.2. Cerramientos horizontales	99
7.4.3. Costos totales	99
8. Conclusiones	103
9. Recomendaciones	105
9.1. Para futuras viviendas en la zona	105
9.1.1. Orientaciones óptimas	105
9.1.2. T-Plak.....	105
9.2. Para viviendas existentes.....	105
10. Bibliografía.....	107



1. Fundamentación, objetivos y alcance

1.1. Fundamentación

Los requisitos de habitabilidad impuestos a las construcciones tienen como objetivos específicos 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 estas y los espacios comunes para niveles normales de ruidos aéreos domésticos. Lamentablemente, muchos de estos objetivos se ven incumplidos en las viviendas Semilla construidas en el barrio Los Hornos en Gran Buenos Aires.

Las Normas Técnicas para Proyectos de Conjuntos Habitacionales del Instituto de la Vivienda de Buenos Aires definen al confort higrotérmico 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, tan necesaria para una higiene de vida y un correcto desarrollo de las actividades, 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. En la misma línea, las mejoras en el diseño de la envolvente térmica deberán ser del menor costo posible. Allí, entran en juego materiales cuyo uso tradicional no es el de aislación térmica, pero presentan bajas conductividades térmicas y, por ende, potencial en este tipo de uso. Estos son materiales reciclados de residuos urbanos y/o industriales.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Optimizar energéticamente el cerramiento de la vivienda Semilla de la organización TECHO para la zona bioclimática de Moreno, provincia de Buenos Aires.



1.2.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la vivienda.
- Evaluar los requisitos de los usuarios y los requisitos económicos, tecnológicos y de mano de obra de la organización.
- Diseñar propuestas de optimización energética de los cerramientos.
- Verificar riesgo de condensación tanto superficial como intersticial para las propuestas planteadas.
- Realizar un análisis técnico-económico de las alternativas diseñadas.
- Determinar las propuestas más favorables.
- Contrastar las alternativas de cerramiento elegidas con los cerramientos originales de la vivienda Semilla.

1.3. Alcance

Las medidas de optimización energética analizadas en el desarrollo de este proyecto integrador profesional se limitan al diseño de la envolvente térmica (optimización energética pasiva). Cabe destacar que existen numerosas medidas adicionales que, aplicadas en conjunto, generan resultados superiores (optimización energética activa).

Las condiciones climáticas de diseño adoptadas son las correspondientes al partido de Moreno, provincia de Buenos Aires. Por esto, 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 (IRAM 11604) y las verificaciones de puente térmico incluidas en la norma IRAM 11601.



2. Marco teórico

Definiciones, conceptos, términos y unidades utilizados en la normativa a aplicar a fin de establecer un lenguaje común.

2.1. Nociones de transferencia de calor

2.1.1. 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.

2.1.1.1. 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 Φ y su unidad es el W (watt).

2.1.1.2. 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 .

2.1.2. Mecanismos de transferencia de calor

2.1.2.1. 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.



2.1.2.2. Convección

La convección es 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.

2.1.2.3. 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.

2.1.3. 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 λ 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 ($K=\lambda/e$).

2.1.4. 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 λ . 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.

2.1.4.1. 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.

2.2. Nociones de transferencia de humedad

2.2.1. 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 HE. 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.

2.2.1.1. 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.

2.2.2. Permeabilidad al vapor de agua (δ)

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.



2.2.3. Permeancia al vapor de agua (Δ)

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: $\Delta = \delta / e$.

2.2.4. 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: $R_v = 1 / \Delta = e / \delta$.

2.2.5. 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 $0,75 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{kPa}$ ($\Delta < 0,75 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{kPa}$).

2.2.6. 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.

2.2.7. 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.

2.2.8. 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.

2.3. Correlación entre temperatura y humedad

2.3.1. 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%.

2.3.2. Diagrama psicrométrico

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.

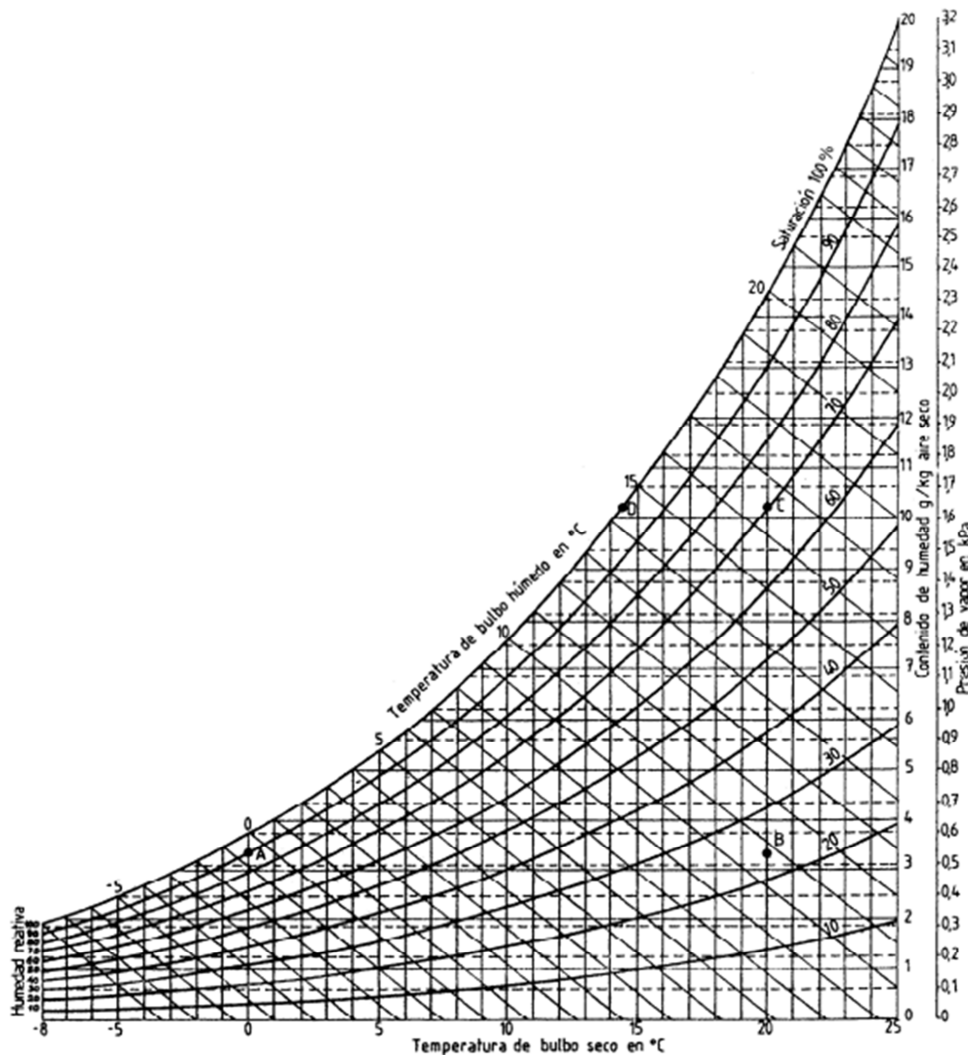


Gráfico 2.1 - Diagrama psicrométrico. Fuente: IRAM 11625.

2.4. 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.

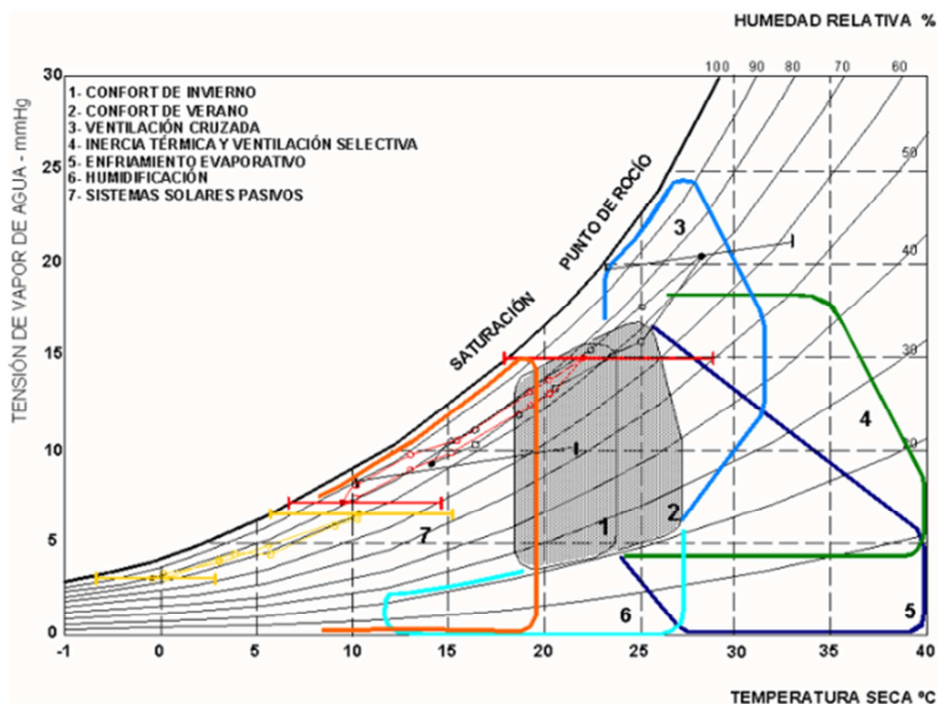


Gráfico 2.2 - Climograma de B. Givoni aplicado a los climas húmedos de la Argentina.

2.4.1. 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.



2.5. Normativa utilizada

Según la IRAM 1739, para el logro de confort higrotérmico y de condiciones de higiene y salubridad en el interior de viviendas, edificios comerciales, industriales, educacionales, etc., 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 dejan expresos de forma sintética los puntos utilizados de las mismas.

2.5.1. 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 m²·KW

Interior R_{si}			Exterior R_{se}		
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_{si} o R_{se} 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 2.1 - 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 $m^2 \cdot K/W$.

2.5.2. IRAM 11603: Acondicionamiento térmico de edificios.

Clasificación bioambiental de la República Argentina

Dicha norma define al clima como el estado medio de la atmosfera, 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

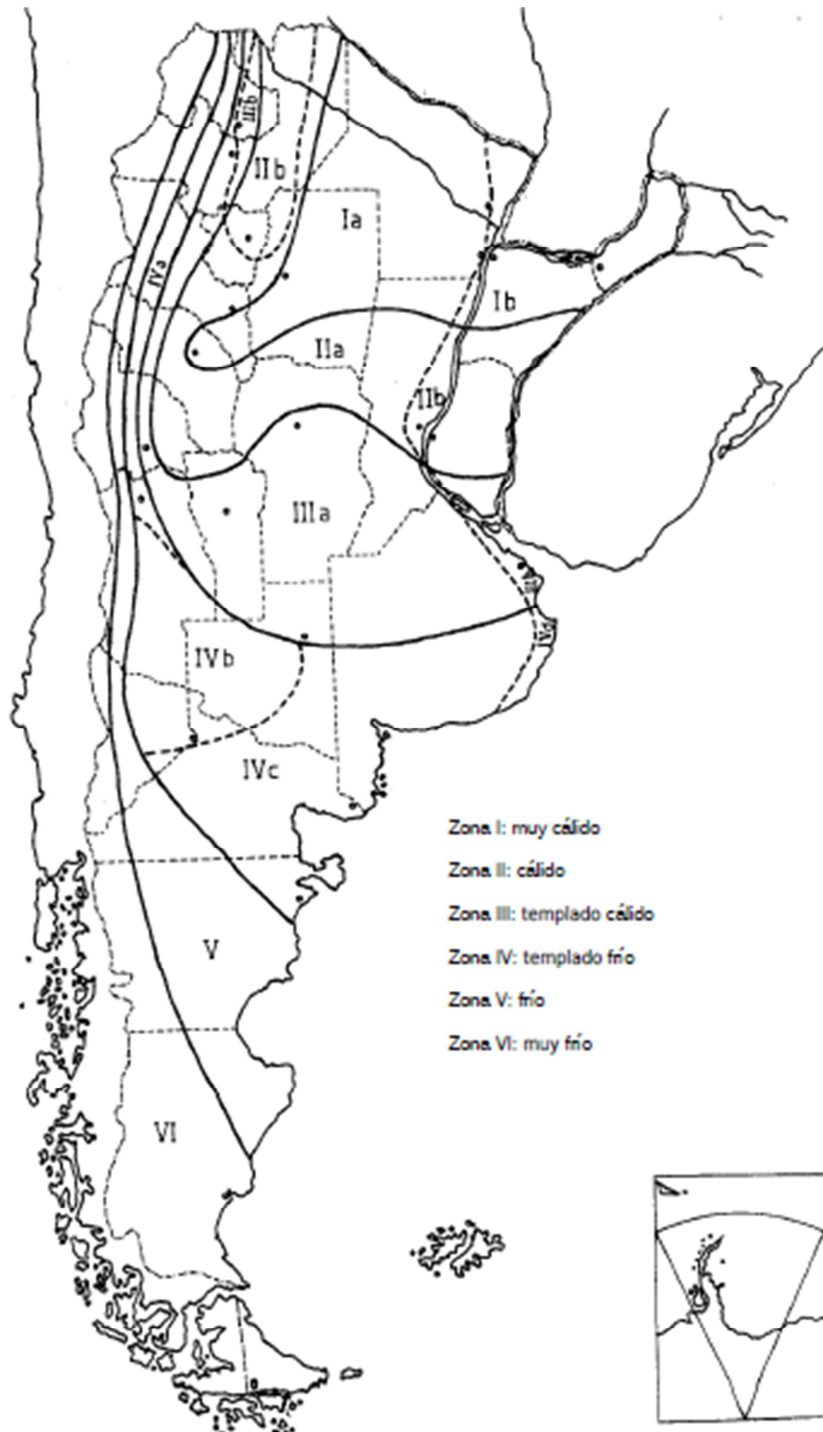


Gráfico 2.3 - Clasificación bioambiental de la República Argentina. Fuente: IRAM 11603.

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.

2.5.3. 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.

Para condición de verano, se adoptó únicamente como criterio la limitación de diferencia de temperatura entre la temperatura interior de diseño y la temperatura superficial de los cerramientos (con los mismos valores máximos).



2.5.4. 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, que los limiten en su contorno.

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 2.2 - Temperaturas interiores de diseño. Fuente: IRAM 11625.

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

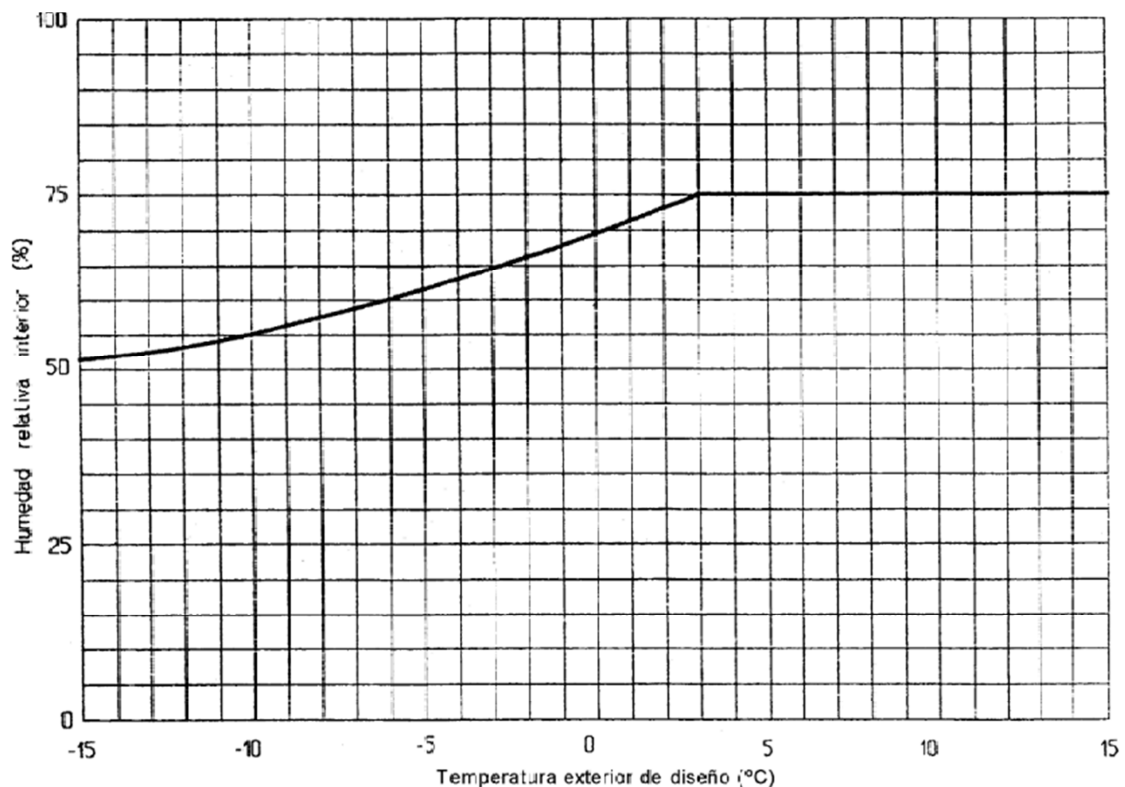


Gráfico 2.4 - Temperatura exterior de diseño. Fuente: IRAM 11625.

En función de la temperatura exterior de diseño, considerando hábitos de usos normales.

Para la verificación del riesgo de condensación superficial, las resistencias térmicas adoptadas serán de $0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 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

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

τ 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;

Δt la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, en grados Celsius.

La temperatura superficial interna se calcula con la fórmula siguiente

$$\Theta_i = t_i - \tau$$

Θ_i la temperatura superficial interior del cerramiento, en grados Celsius;

t_i la temperatura interior de diseño del local;

τ 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

$$\begin{aligned} t_1 &= t_i \\ t_2 &= t_i - \frac{R_{si}}{R_t} \Delta t \\ t_n &= t_e \end{aligned}$$



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;

Δt 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;

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

Mediante el diagrama psicrométrico, 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 δ =constante dentro de cada capa. Se establece

$$p_1 = p_{vi}$$
$$p_2 = p_{vi} - \Delta p \cdot \frac{R_{vi}}{R_v}$$
$$p_n = p_{ve}$$

$p_1; p_2; \dots; p_v$ 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 tr 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 psicométrico. 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.

2.5.5. 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} ($m^2 K / W$)
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 2.3 - Resistencias superficiales interiores en puntos singulares. Fuente: IRAM 11630.

Para la verificación del riesgo de condensación intersticial los valores de resistencia térmica 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.

3. Presentación

3.1. Partido de Moreno

3.1.1. Ubicación y generalidades

El Municipio de Moreno se encuentra ubicado en el Área Metropolitana de Buenos Aires y su extensión es de 186,13 km². Limita al noreste los Partidos de José C. Paz y San Miguel; al este con Ituzaingó; al sureste con Merlo; al sur con Marcos Paz; y al oeste con General Rodríguez y Pilar.



Imagen 3.1 - Partido de Moreno. Elaboración propia.

El área urbana, que ocupa alrededor del 50% del territorio, es una zona residencial y cuenta con el núcleo poblacional de mayor densidad del municipio. El área complementaria, donde se ubican las viviendas analizadas en este proyecto

integrador profesional, se encuentra en expansión y representa un 23% de la superficie de Moreno. El área rural se caracteriza por su escasa densidad poblacional y por el uso preferencial de la tierra para actividades agropecuarias y forestales. Además, existen nuevas urbanizaciones cerradas que abarcan el 27% restante del total de la superficie.

El partido está dividido en 144 barrios que se agrupan en las localidades Moreno, La Reja, Francisco Álvarez, Cuartel V, Trujui y Paso del Rey. Las viviendas están construidas en Cuartel V.

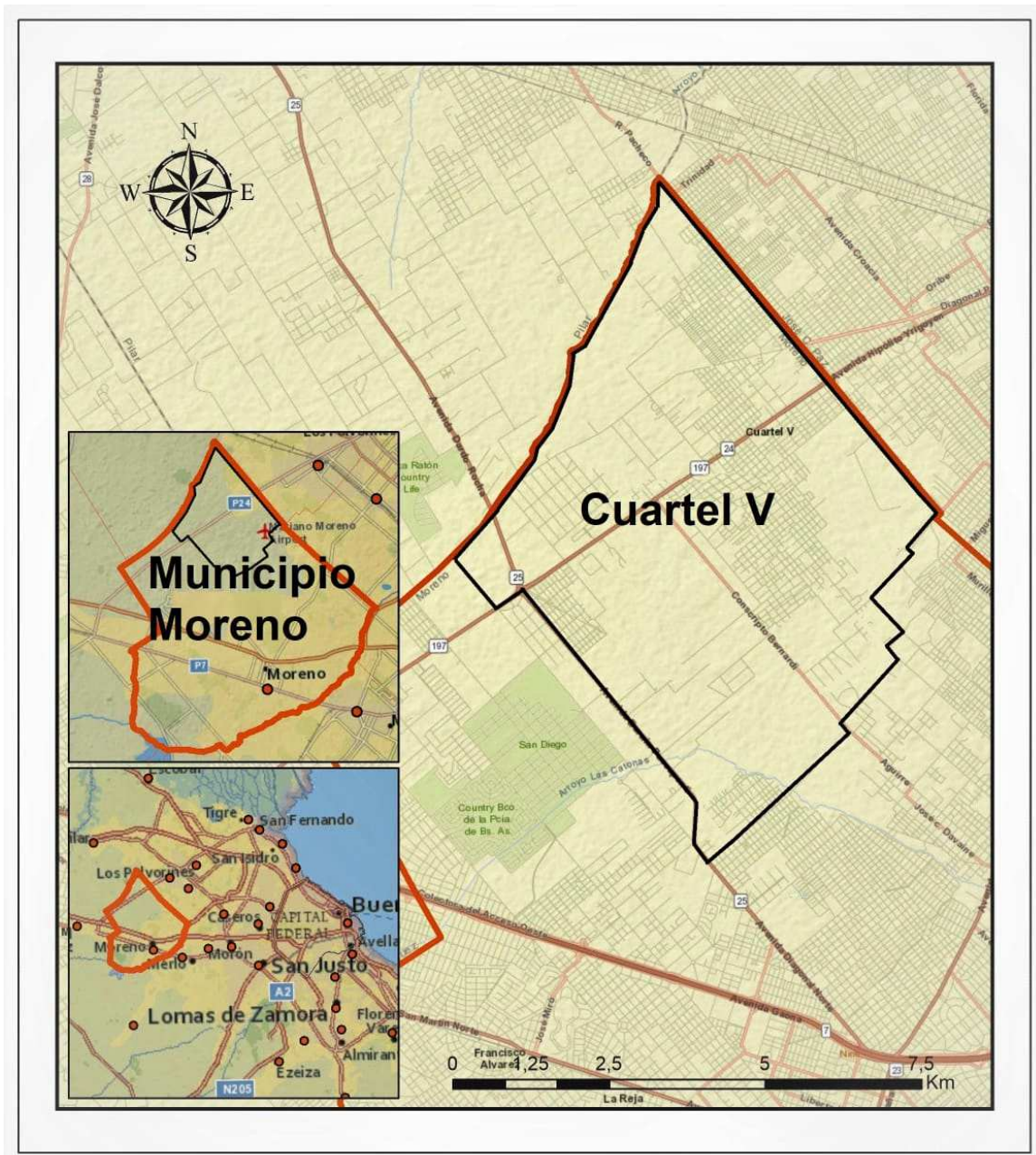


Imagen 3.2 - Cuartel V, Moreno. Elaboración propia.

3.1.1.1. Población y características habitacionales

Según datos extraídos del Instituto Nacional de Estadística y Censos, la población total es de 452.505 habitantes de la cual el 64,6% son mayores de 18 años. La



densidad poblacional es de 2513,9 hab/km². La cantidad de viviendas particulares habitadas cada 1000 habitantes es de 253, es decir, un promedio de 4 personas por vivienda.

También según el INDEC, el 41,1% de los hogares cuenta con agua de red y el 21,6% no posee provisión de agua dentro de la vivienda. Además, el 18,9% de los hogares cuenta con desagüe cloacal y el 74,2% con instalación sanitaria con descarga de agua. Por último, el 32% de los hogares utiliza gas de red y el 64,3% usa gas en garrafa.

3.1.1.2. Código de Edificación

Se reproducen a continuación los artículos pertinentes al Subcentro Urbano Cuartel V:

ARTÍCULO 131º SUBCENTRO URBANO CUARTEL V: Carácter: Destinado a concentrar el equipamiento administrativo, comercial, financiero, y de servicio a escala local, complementariamente con la función residencial. -

ARTÍCULO 132º Intensidad de Uso y Morfología FOS: 0.6 FOT: 1.2 DENSIDAD NETA: 320 hab/Ha Potencial. De no disponer de red de agua potable y desagües cloacales densidad real 100 hab/Ha; de contar con al menos un servicio 150 hab/Ha densidad real. PARCELA MÍNIMA: 15,00 metros de frente y 375,00 m² de superficie. ALTURA MÁXIMA: 12,00 metros. RETIROS: Frente: no exigible. Fondo: 0.5 (L-20.) Se admite construcción complementaria altura máxima 4,50 metros. Lateral: no exigible

3.1.1.3. Flora y fauna

Se trata de una región de antigua producción agrícola con vegetación autóctona como abrojo, talas, algarrobo, espinillos, coronillas, chañares. En cuanto a la fauna se puede encontrar animales vacunos y cerdos, además de ovinos y liebres. Aunque, por ser una zona recientemente urbanizada, se conserva poco de su flora y fauna originaria.

3.1.1.4. Sismicidad

La zona es de baja sismicidad, con silencio sísmico de 131 años.

3.1.2. Ubicación de las viviendas

3.1.2.1. Barrio Los Hornos

Se trata de un asentamiento de reciente extensión, que se ha ido configurando en un área de borde metropolitano en la zona Norte del partido de Moreno. Se emplazó sobre tierras decapitadas por cavas junto a afluentes del arroyo Las Catonas y otros intersticios de suelo poco aptos para ser habitados, alejado de equipamientos, servicios básicos de saneamiento y de servicios de centralidad.

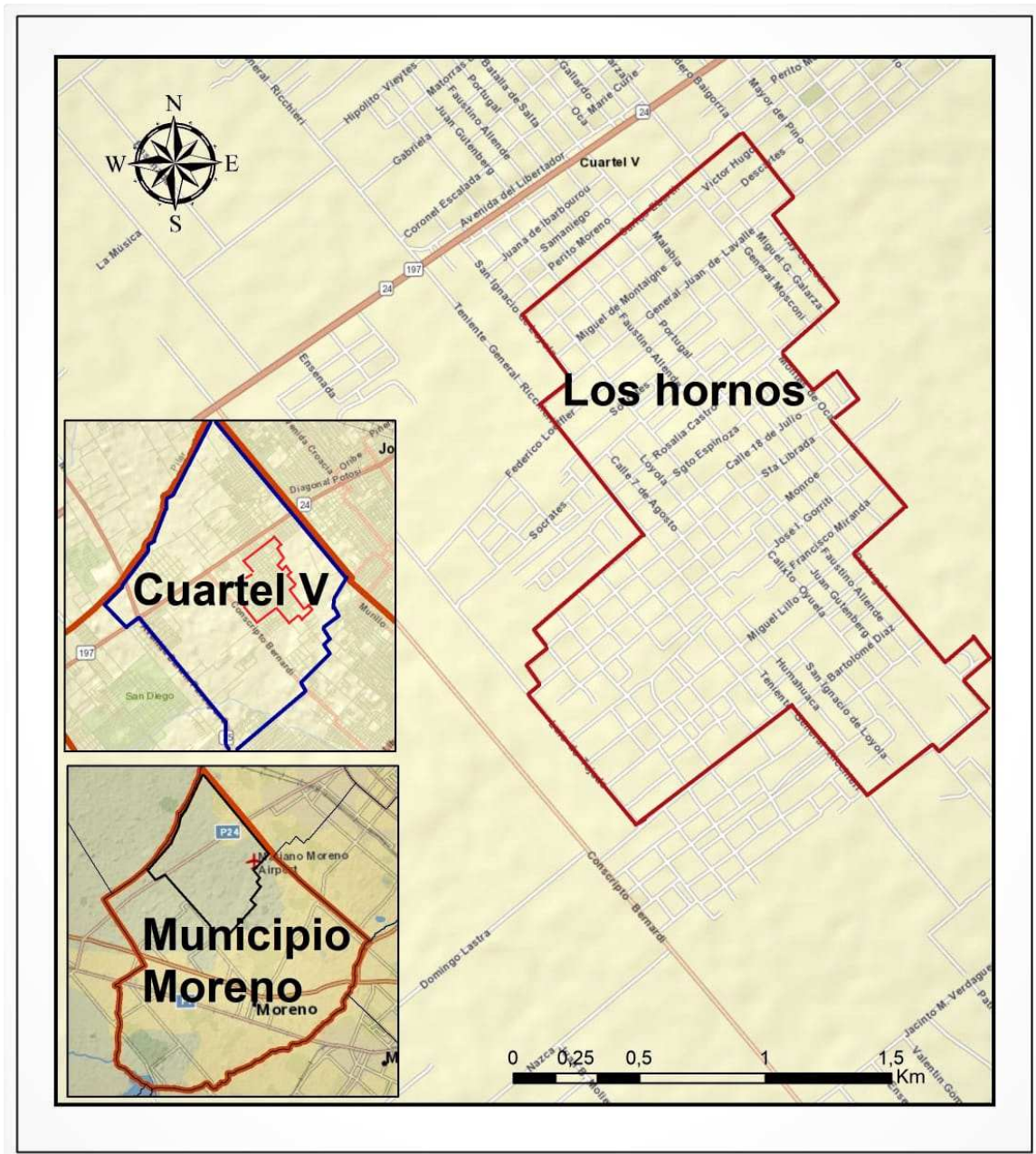


Imagen 3.3 - Barrio Los Hornos. Elaboración propia.

Es resultado de un proceso de extensión de más de una década, desde 2006 a la actualidad, abarcando un total de 500 hectáreas de suelo y albergando 47.413 habitantes (2017).

3.1.2.2. Viviendas de TECHO

Se construyeron el 2 y 3 de Diciembre del 2017 un total de 15 viviendas ubicadas como muestra la figura.

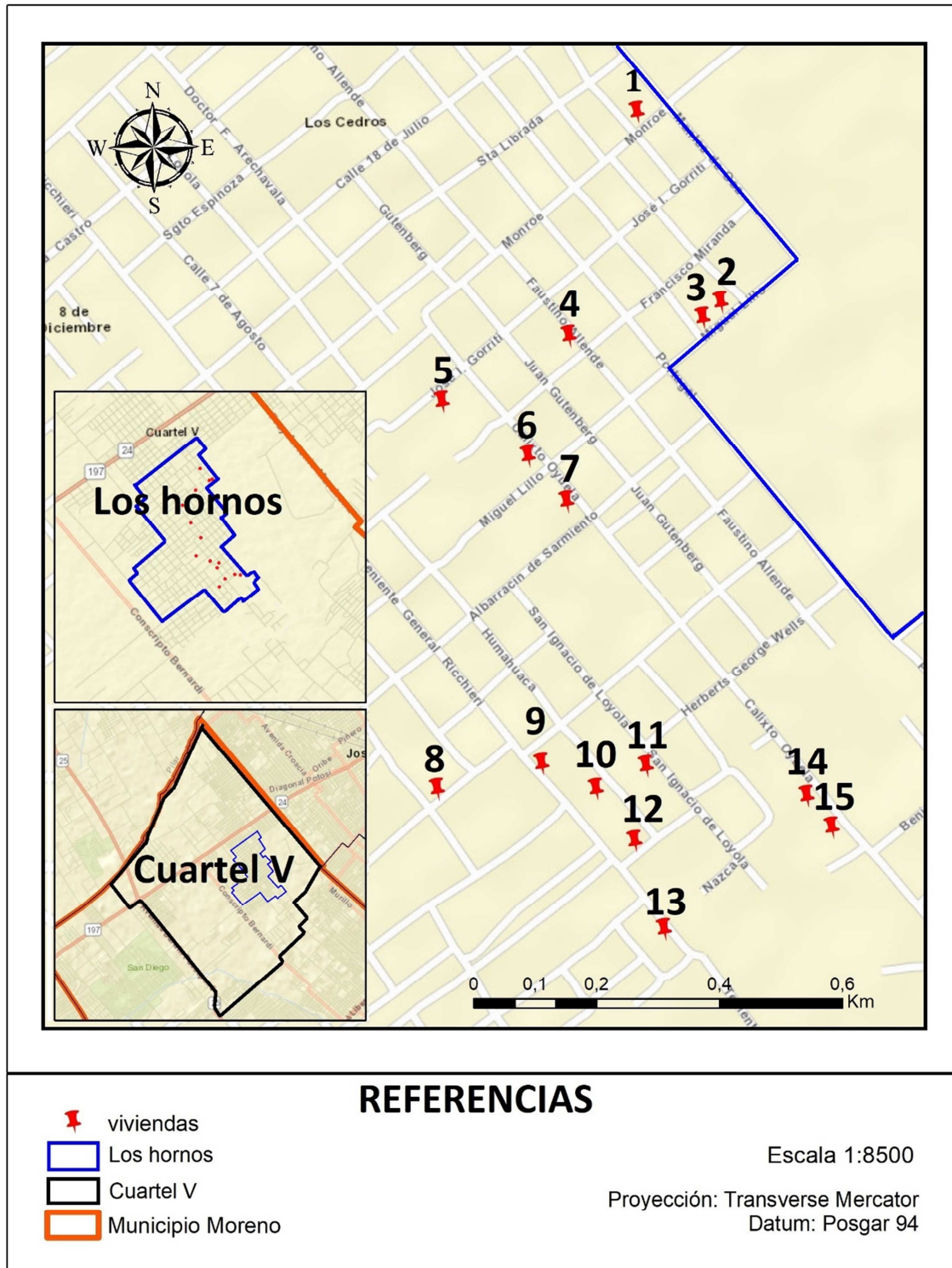


Imagen 3.4 - Enumeración de las viviendas. Elaboración propia.

3.1.3. Clima

El partido de Moreno se encuentra en la zona III según la clasificación bioambiental de la norma IRAM 11603 (revisión año 2011), cuya denominación es Templada Cálida. Se caracteriza por presentar veranos relativamente calurosos y temperaturas medias que oscilan entre 20 °C y 26 °C, con máximas medias que superan los 30 °C. El invierno no es muy frío y presenta temperaturas medias que oscilan entre 8 °C y

12 °C, y valores mínimos que rara vez son menores que 0 °C. Las presiones parciales de vapor de agua son bajas durante todo el año, con valores máximos en verano que no superan, en promedio, los 1870 Pa (14 mm Hg). En general, en esta zona se tienen inviernos relativamente benignos, con veranos no muy calurosos. A su vez, se divide en 2 subzonas, en función de las amplitudes térmicas. El partido de Moreno se ubica en la subzona b, a la que le corresponde una amplitud térmica menor que 14 °C.

3.1.3.1. Indicadores climáticos

Según la norma IRAM 11603 antes mencionada, a falta de una estación meteorológica en la zona de interés, se utilizaron los datos relevados en la estación de San Miguel. Esta estación es la más cercana al partido de Moreno (13 km) y, al igual que la zona en estudio, es una zona urbana con densidad poblacional intermedia.

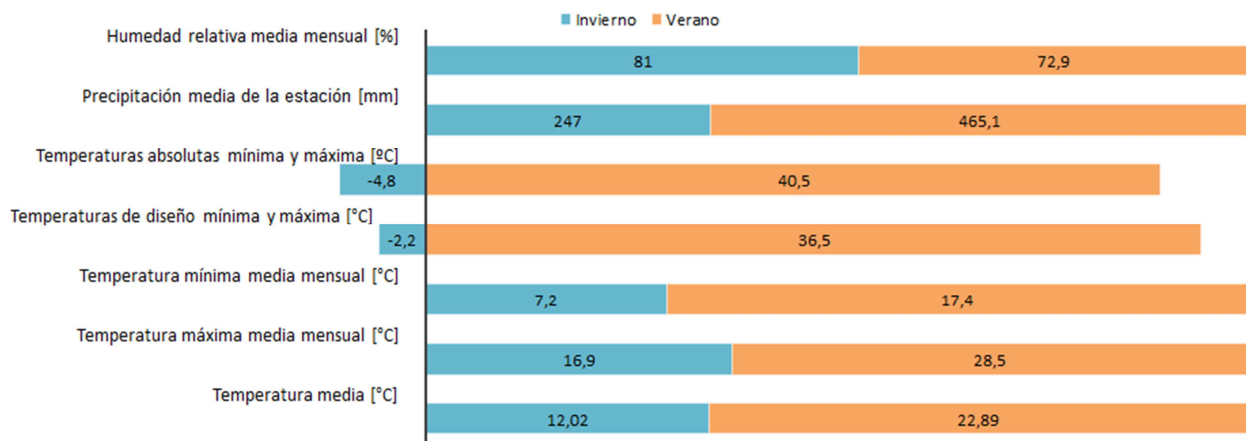


Gráfico 3.1 - Indicadores climáticos de la estación de San Miguel. Fuente: IRAM 11603.

3.1.3.2. Estadística Climatológica (1981-1990) del Servicio Meteorológico Nacional
 Los siguientes datos son promedios del período de 10 años de las medias mensuales. Corresponden también a la estación de San Miguel.

3.1.3.2.1. Temperatura

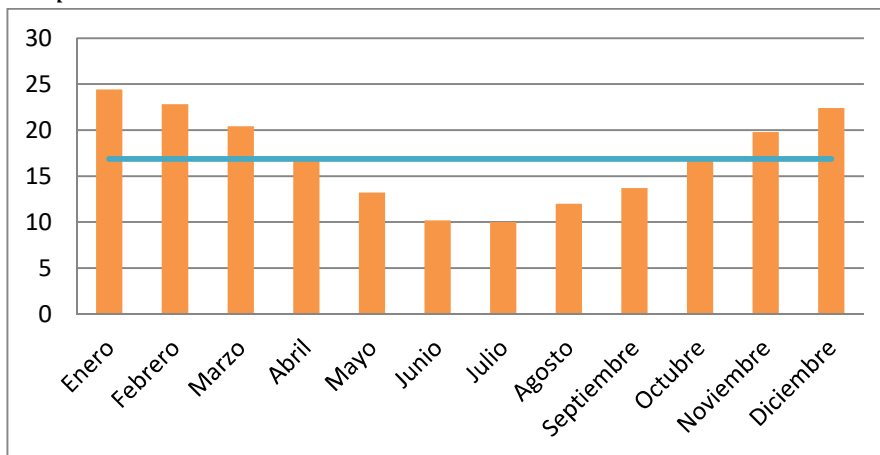


Gráfico 3.2 - Temperaturas medias mensuales y media anual. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Las temperaturas medias de los meses de Junio y Julio son de 10,2 y 10 °C, respectivamente. La temperatura media anual es de 16,9 °C.

3.1.3.2.2. Humedad relativa

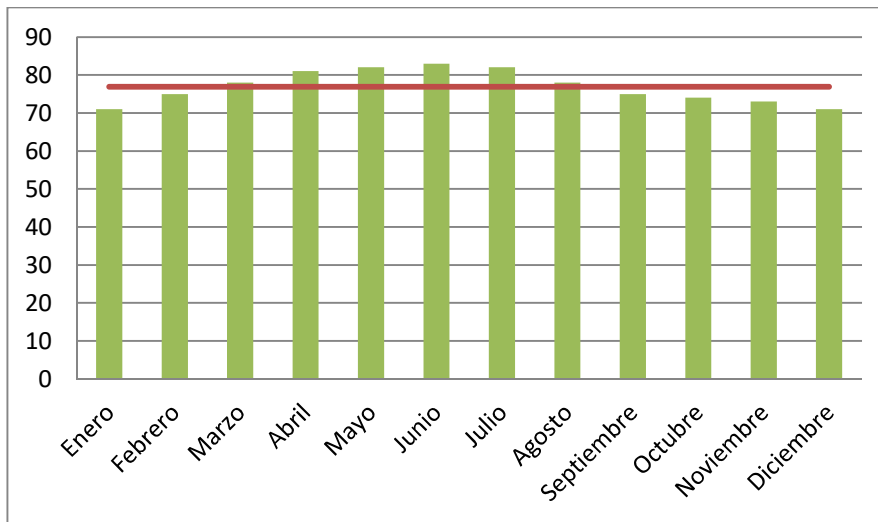


Gráfico 3.3 - Humedades relativas medias mensuales y media anual. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Las humedades relativas medias de los meses de Junio y Julio son de 83 y 82%, respectivamente. La media anual es de 76,9%.

3.1.3.2.3. Precipitación

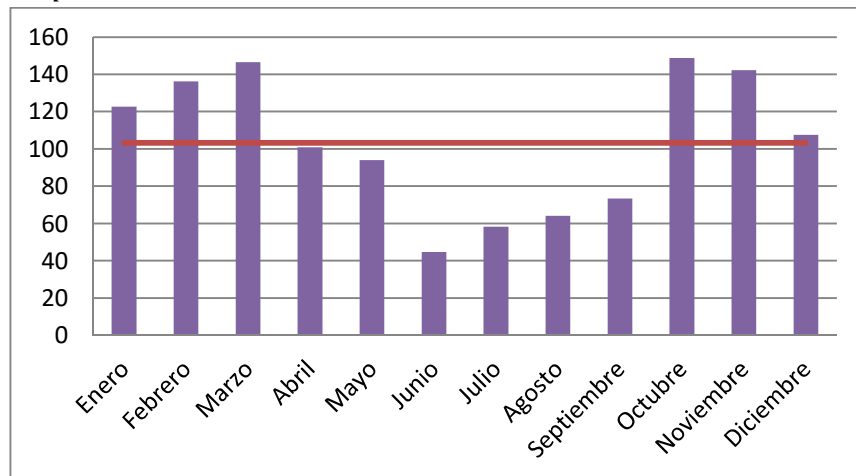


Gráfico 3.4 - Precipitaciones medias mensuales y media anual. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Las precipitaciones medias de los meses de Junio y Julio son las mínimas en el año, de 44,6 y 58,3 mm respectivamente. El mes de mayor precipitación es Octubre con 148,8 mm. La precipitación anual es de 1239 mm y la media anual es de 103,3 mm.

3.1.3.2.4. Viento

Las máximas velocidades de los meses de Junio y Julio son de 11 y 14 km/h, respectivamente. Las frecuencias de las mismas son de 15,1 y 10,2%.

En Junio lo más frecuente es la calma y en Julio viento de 10 km/h con sentido noreste.

Velocidad media (VM, en km/h) y frecuencia (F en %) por dirección																								
	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	F	VM	F	VM	F	VM	F	VM	F	VM	F	VM	F	VM	F	VM	F	VM	F	VM	F	VM	F	VM
N	7,7	9	5,6	12	7,4	8	7,7	10	8,0	10	8,4	9	7,7	11	6,2	12	8,0	14	7,4	15	9,0	14	7,0	12
NE	19,7	11	20,9	11	14,6	10	15,0	9	15,1	9	10,7	9	18,0	10	15,5	11	17,9	11	17,3	11	16,1	12	19,6	12
E	21,7	11	19,9	9	15,3	9	12,3	9	10,1	9	8,2	7	10,3	9	12,6	10	15,6	11	18,1	12	16,7	12	21,2	11
SE	13,5	12	14,0	10	14,6	10	13,1	9	9,6	8	9,9	9	12,2	10	17,2	10	19,3	13	16,1	12	18,4	12	16,5	11
S	10,9	11	11,1	11	11,1	12	8,8	10	6,6	8	9,8	8	12,4	10	13,3	10	12,8	12	9,8	12	10,8	13	8,8	12
SO	6,5	12	8,5	12	7,4	11	8,9	10	10,0	12	8,7	11	7,4	10	9,2	13	8,0	12	9,2	14	7,6	12	6,5	11
O	6,0	16	5,9	9	7,4	12	8,0	13	10,6	13	10,0	11	10,2	14	6,5	13	5,9	10	6,8	15	6,2	12	5,6	13
NO	8,6	12	5,9	11	9,3	10	8,1	9	13,5	10	15,1	11	7,3	11	7,7	11	5,8	11	7,6	12	9,0	13	8,5	13
Calma	5,4	0	8,2	0	12,9	0	18,1	0	16,5	0	19,2	0	14,5	0	11,8	0	6,7	0	7,7	0	6,2	0	6,3	0

Tabla 3.1 - Velocidad media y frecuencia por dirección de los vientos. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

3.1.3.2.5. Rosa de los vientos

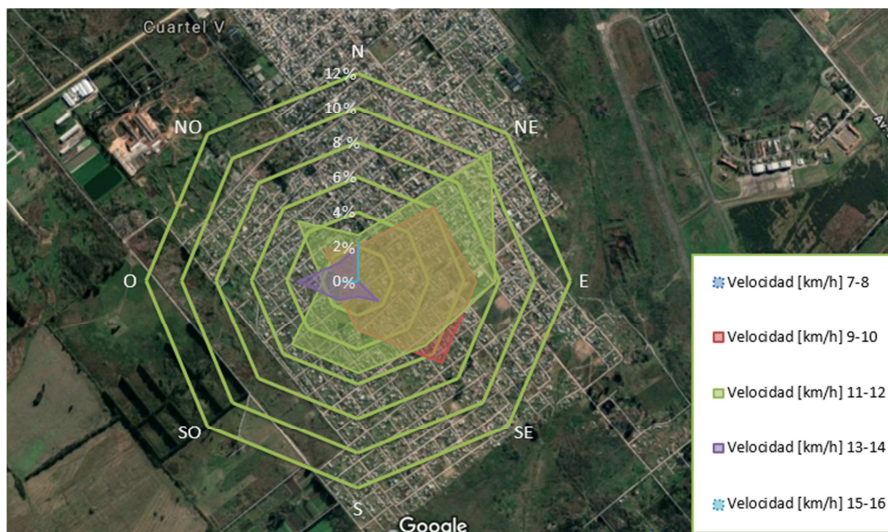


Gráfico 3.5 - Rosa de los vientos. Elaboración propia.

En términos anuales, los vientos más frecuentes, de 11 km/h a 12 km/h, se dan en la dirección noreste. Mientras que los vientos más fuertes, de 15km/h a 16 km/h, se dan en las direcciones Norte y Oeste.

3.2. Vivienda Semilla

TECHO es una organización latinoamericana sin fines de lucro que construye, a través de donaciones de distintos actores y mano de obra voluntaria, viviendas de emergencia en asentamientos urbanos de alta vulnerabilidad. Dicha organización desarrolló el modelo habitacional transitorio llamado vivienda Semilla.

Este tipo de viviendas tiene estándares de calidad más permisivos ya que están pensadas para ser mejoradas y/o ampliadas en el transcurso del tiempo. De esta forma, nace una vivienda modular compuesta básicamente por una estructura resistente y piso de madera, cerramientos verticales de material reciclado y techo de chapa acanalada con aislación térmica de lana de vidrio, construida sobre pilotes de madera. Se trata de una estructura resistente definitiva y un cerramiento vertical de carácter provisorio, fácil de extraer tanto para reemplazar por materiales definitivos

como para ampliar según las necesidades de la familia. No cuenta con servicios básicos.

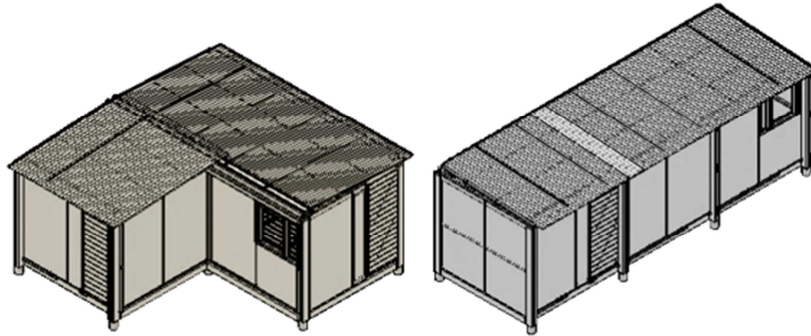


Ilustración 3.1 - Vivienda Semilla en ángulo a la izquierda y en hilera a la derecha. Fuente: Documentación provista por TECHO.

3.2.1. Composición del módulo básico

Cada módulo mide 6,15 m² metros cuadrados por 2,29 metros de altura.

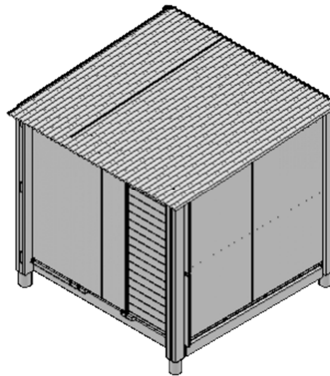


Ilustración 3.2 - Módulo básico de la vivienda Semilla. Fuente: Documentación provista por TECHO.

3.2.1.1. Fundaciones

El módulo básico se funda sobre 4 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.

3.2.1.2. Piso

La estructura de piso está compuesta por 2 vigas principales de Pino Elliotis con tratamiento CCA (arseniato cobre cromatado), contra ataque de bacterias, hongos, insectos y humedad, de las siguientes dimensiones

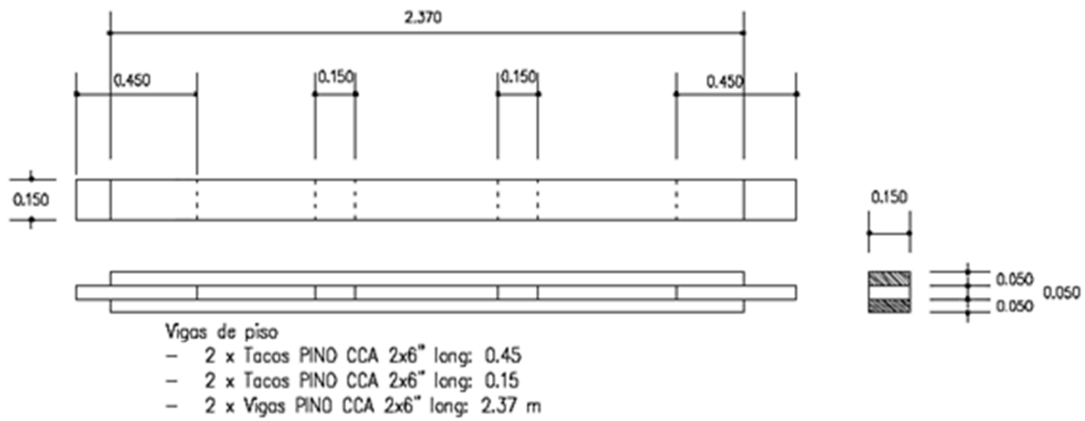


Ilustración 3.3 - Detalle constructivo de la viga de piso principal. Fuente: Documentación provista por TECHO.

Y, en sentido transversal, 2 vigas secundarias de 2"x6" de 2,57 metros de longitud y una viga terciaria de 2"x6" de 2,47 metros de longitud, dispuestas como muestra el esquema

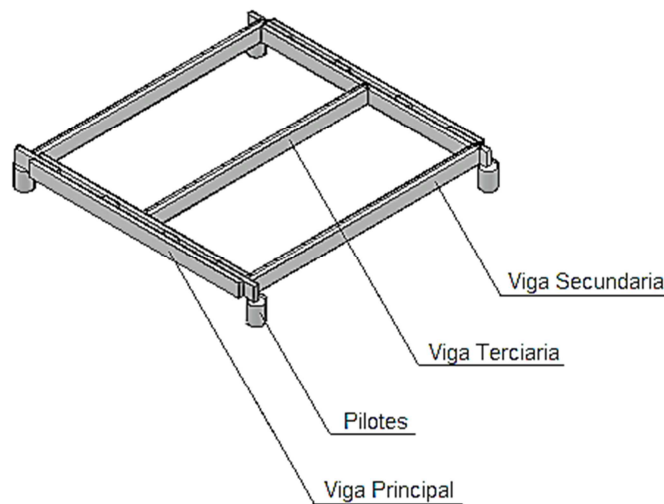


Ilustración 3.4 - Esquema de la estructura resistente del piso. Fuente: Documentación provista por TECHO.

Sobre dicha estructura se disponen los paneles prefabricados de piso. Estos poseen una estructura de bastidores de madera sobre la cual se asienta un revestimiento machihembrado de 1" de espesor, según detalle

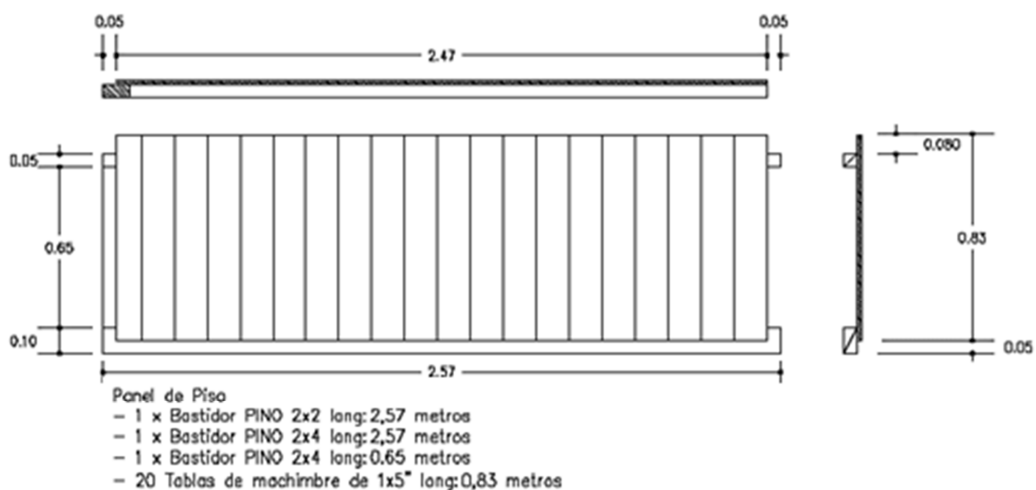


Ilustración 3.5 - Detalle constructivo de los paneles de piso. Fuente: Documentación provista por TECHO.

Son 3 paneles por módulo que, una vez ensamblados, conforman un rectángulo de 2,47 metros por 2,49 metros. La totalidad de los puntos de contacto del machihembrado con los bastidores son clavados con un mínimo de dos clavos anillados por tabla por punto de contacto. Por último, para unir los dos paneles entre sí se utiliza una tabla de madera completando la totalidad del piso del módulo.

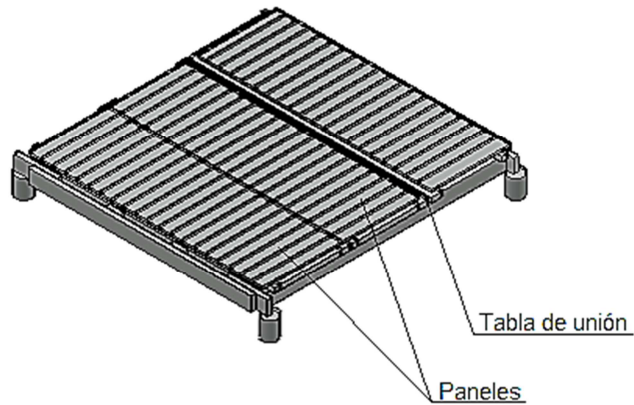


Ilustración 3.6 - Estructura resistente de piso en conjunto con los paneles de piso. Fuente: Documentación provista por TECHO.

3.2.1.3. Columnas

Se compone por 4 columnas de Eucalipto Saligna con tratamiento CCA, de las siguientes dimensiones

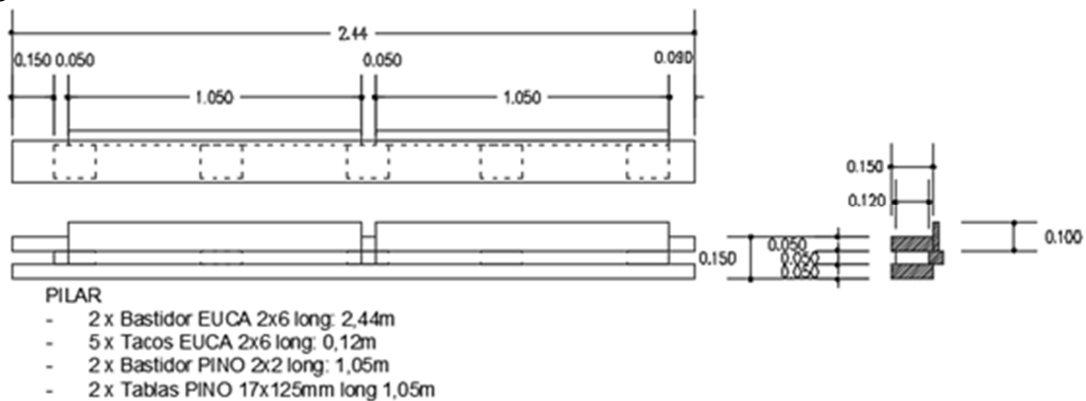


Ilustración 3.7 - Detalle constructivo de las columnas. Fuente: Documentación provista por TECHO.

Unidas entre sí por 4 vigas descriptas más adelante.

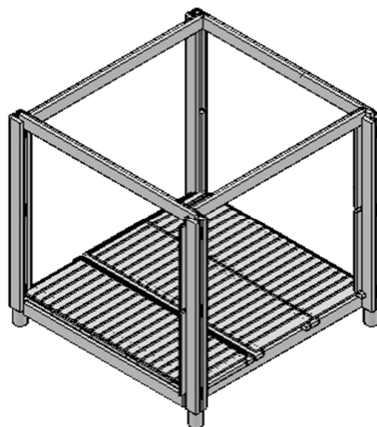


Ilustración 3.8 - Esquema de la estructura resistente del módulo básico. Fuente: Documentación provista por TECHO.

Las uniones se realizan con clavos de acero anillado.

3.2.1.4. Cerramiento vertical

Los paneles verticales poseen una estructura de bastidores horizontales de madera de 2"x2" de Pino o Eucalipto seco sobre la cual se asientan las placas de cerramiento.

Cada módulo cuenta con 8 paneles verticales. Un panel ventana, un panel puerta, dos paneles ciegos frontales y cuatro paneles ciegos laterales. Los paneles ventana y puerta están compuestos por la ventana y puerta en sí y un panel negativo para completar las medidas correspondientes. Los mismos se colocan en cualquier orientación del módulo dependiendo de la conveniencia de cada vivienda. Los negativos de los paneles puerta y ventana y los paneles ciegos se construyen con aglomerados de la industria del reciclaje de envases Tetra Brik, llamados T-Plak.

La ventana se elabora como sigue

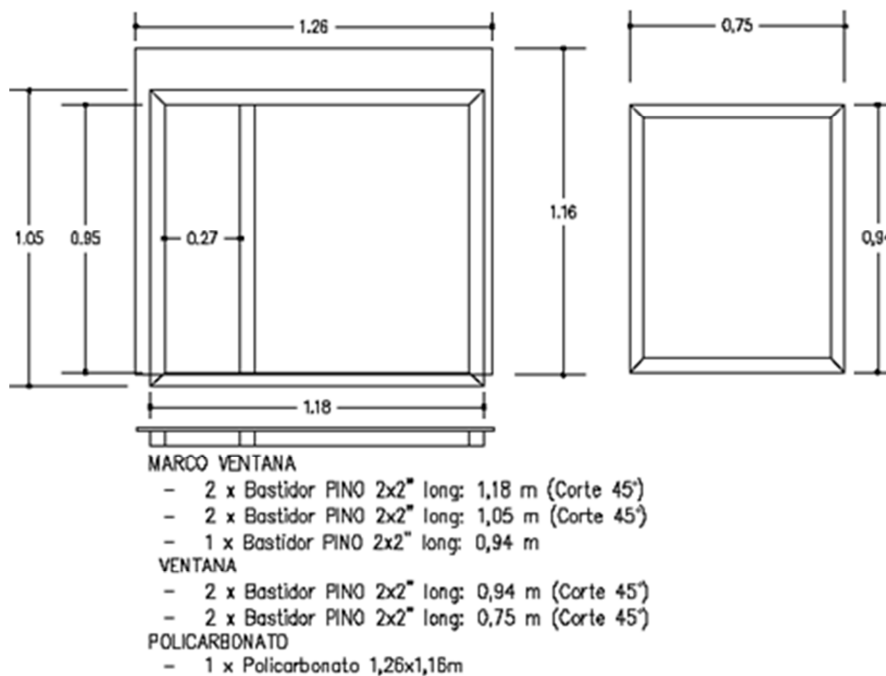


Ilustración 3.9 - Detalle constructivo de las ventanas. Fuente: Documentación provista por TECHO.

La puerta tiene las siguientes medidas

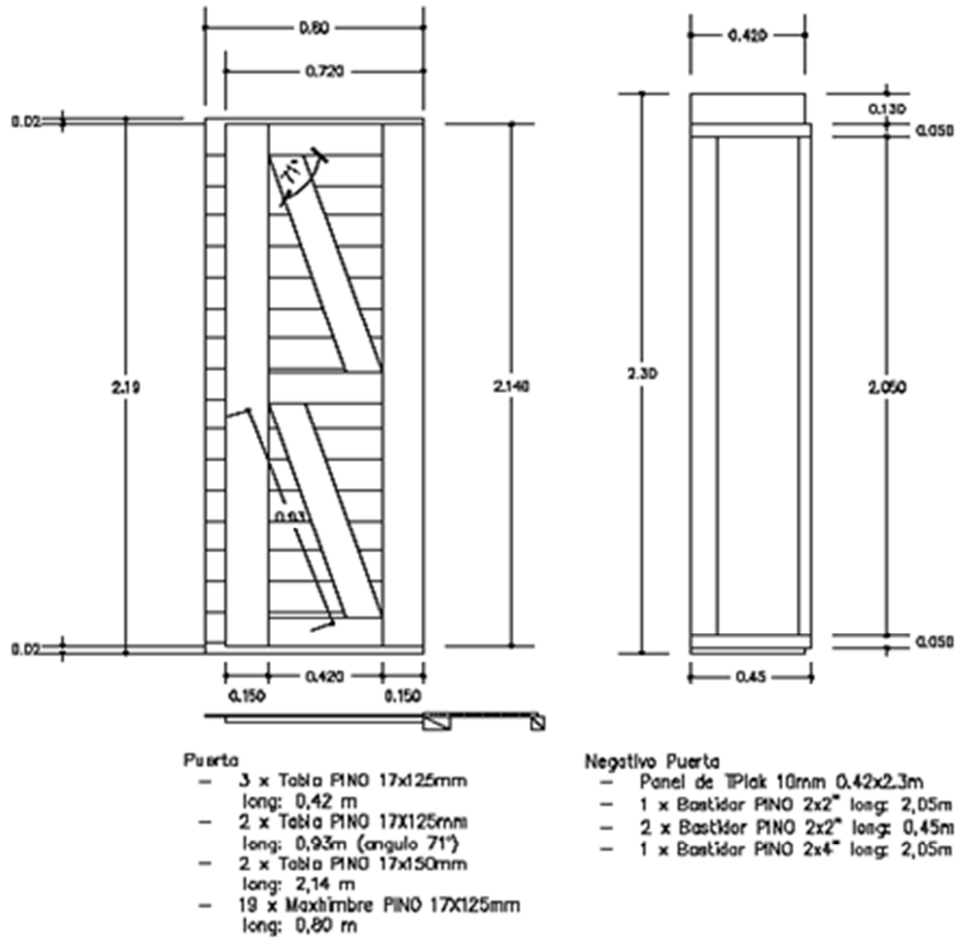


Ilustración 3.10 - Detalle constructivo de la puerta. Fuente: Documentación provista por TECHO.

Luego, con los bastidores montados

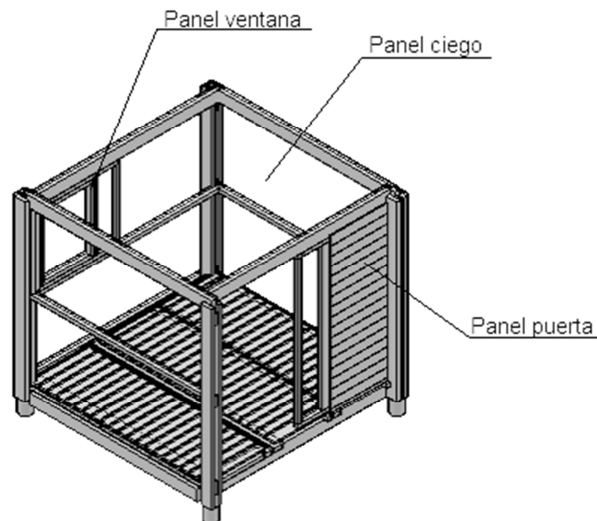


Ilustración 3.11 - Esquema de la estructura resistente en conjunto con paneles puerta y ventana. Fuente: Documentación provista por TECHO.

Y, por último, con las placas T-Plak

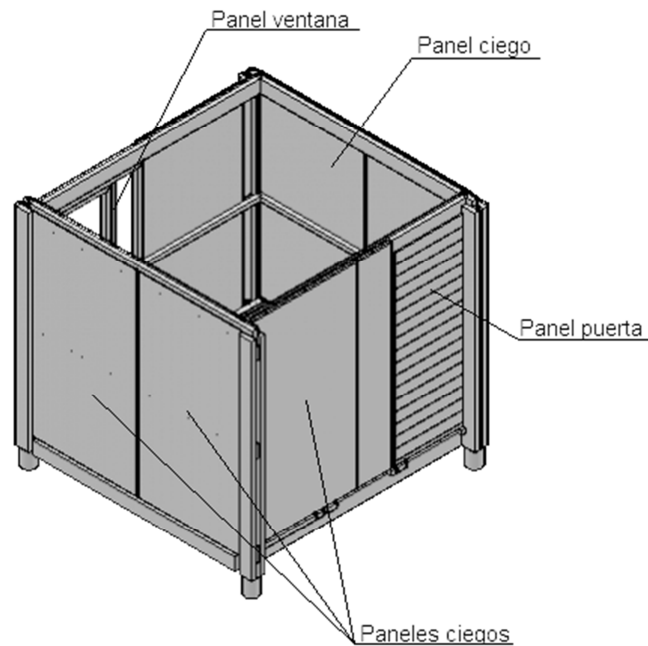


Ilustración 3.12 - Esquema de la estructura resistente en conjunto con paneles puerta, ventana y ciegos. Fuente: Documentación provista por TECHO.

Las uniones verticales entre placas T-Plak se rellenan con una varilla de madera como último paso.

3.2.1.5. Cubierta

Se compone por dos vigas principales de 2"x4" con un largo total de 2,77 metros (en dirección paralela a las vigas principales de piso). En sentido transversal se disponen dos vigas secundarias de igual sección transversal y 2,57 metros de longitud. En el mismo sentido, a la mitad de la luz de las vigas principales, una viga terciaria de 2"x6" de 2,37 metros de largo y, por último, 3 tirantes de 2"x4" y uno de 2"x2" (todos de 2,67 metros de largo) para dar la pendiente al techo de un agua.

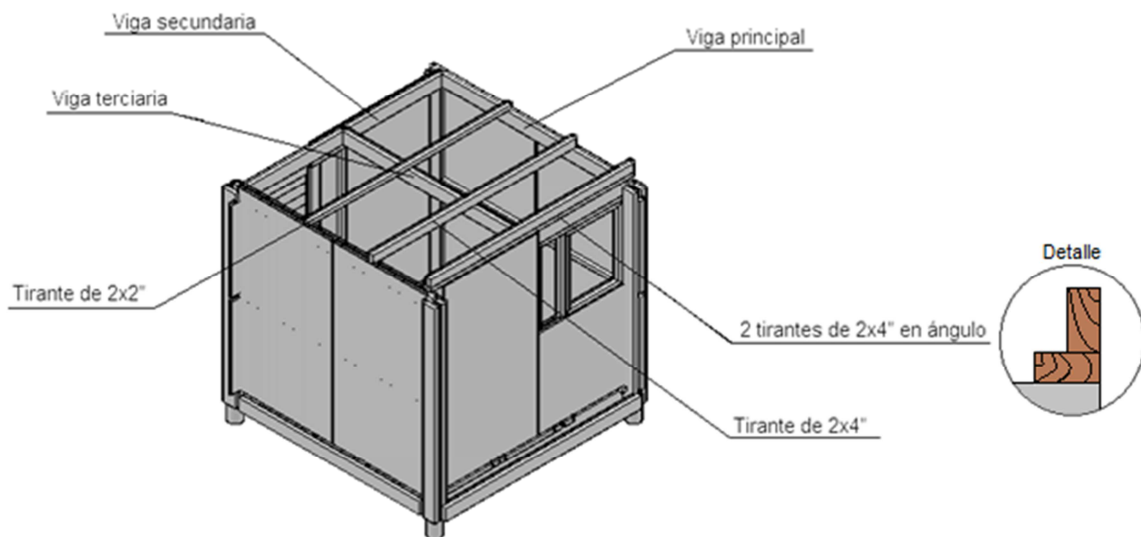


Ilustración 3.13 - Esquema de la estructura resistente de la cubierta. Fuente: Documentación provista por TECHO.

Luego, se coloca y clava la lana de vidrio Rolac Plata Cubierta HR, de 50 mm de espesor. Esta cuenta con una capa de foil de aluminio que cumple el rol de barrera de vapor. Por último, la chapa acanalada calibre 25.

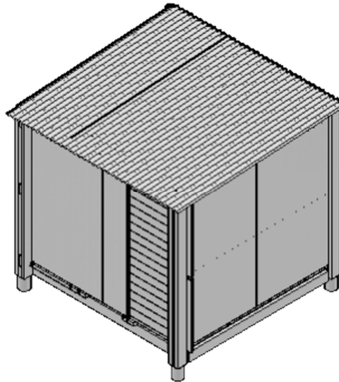


Ilustración 3.14 - Módulo básico. Fuente: Documentación provista por TECHO.

3.2.2. 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 o 3 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 dispuestos en ángulo

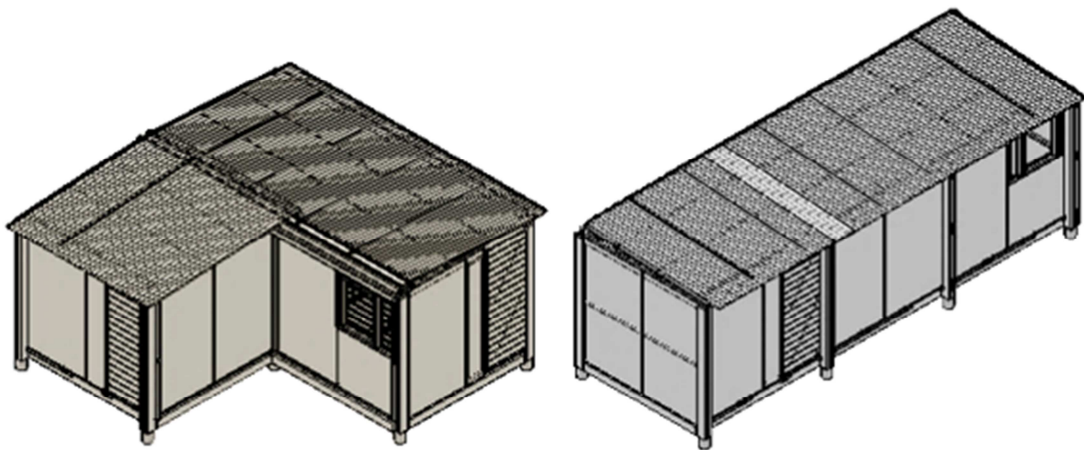


Ilustración 3.15 - Vivienda Semilla en ángulo a la izquierda y en hilera a la derecha. Fuente: Documentación provista por TECHO.

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.

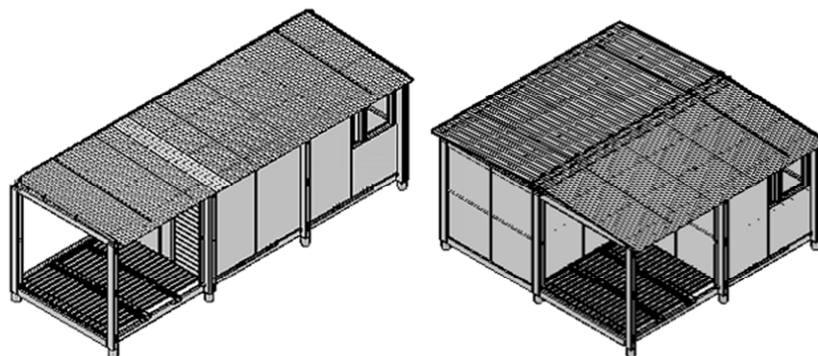


Ilustración 3.16 - Ejemplos de viviendas con módulos abiertos. Fuente: Documentación provista por TECHO.



Imagen 3.5 - Vivienda de dos módulos habitables y dos módulos de galería. Fuente: Documentación provista por TECHO.



Imagen 3.6 - Vivienda de 3 módulos cerrados con disposición en ángulo. Fuente: Documentación provista por TECHO.



Imagen 3.7 - Vivienda de dos módulos cerrados y dos abiertos, en hilera. Fuente: Documentación provista por TECHO.



Imagen 3.8 – Vivienda Semilla de cuatro módulos cerrados. Fuente: Documentación provista por TECHO.

3.3. La problemática

Las viviendas presentan, en líneas generales, fríos excesivos en época invernal, humedades excesivas y, en algunos casos, condensación superficial sobre las placas T-Plak y en la cubierta. Esta información fue relevada mediante dos visitas llevadas

a cabo por TECHO, un análisis de imágenes satelitales y entrevistas llevados a cabo por los alumnos. La enumeración de las viviendas según su ubicación es

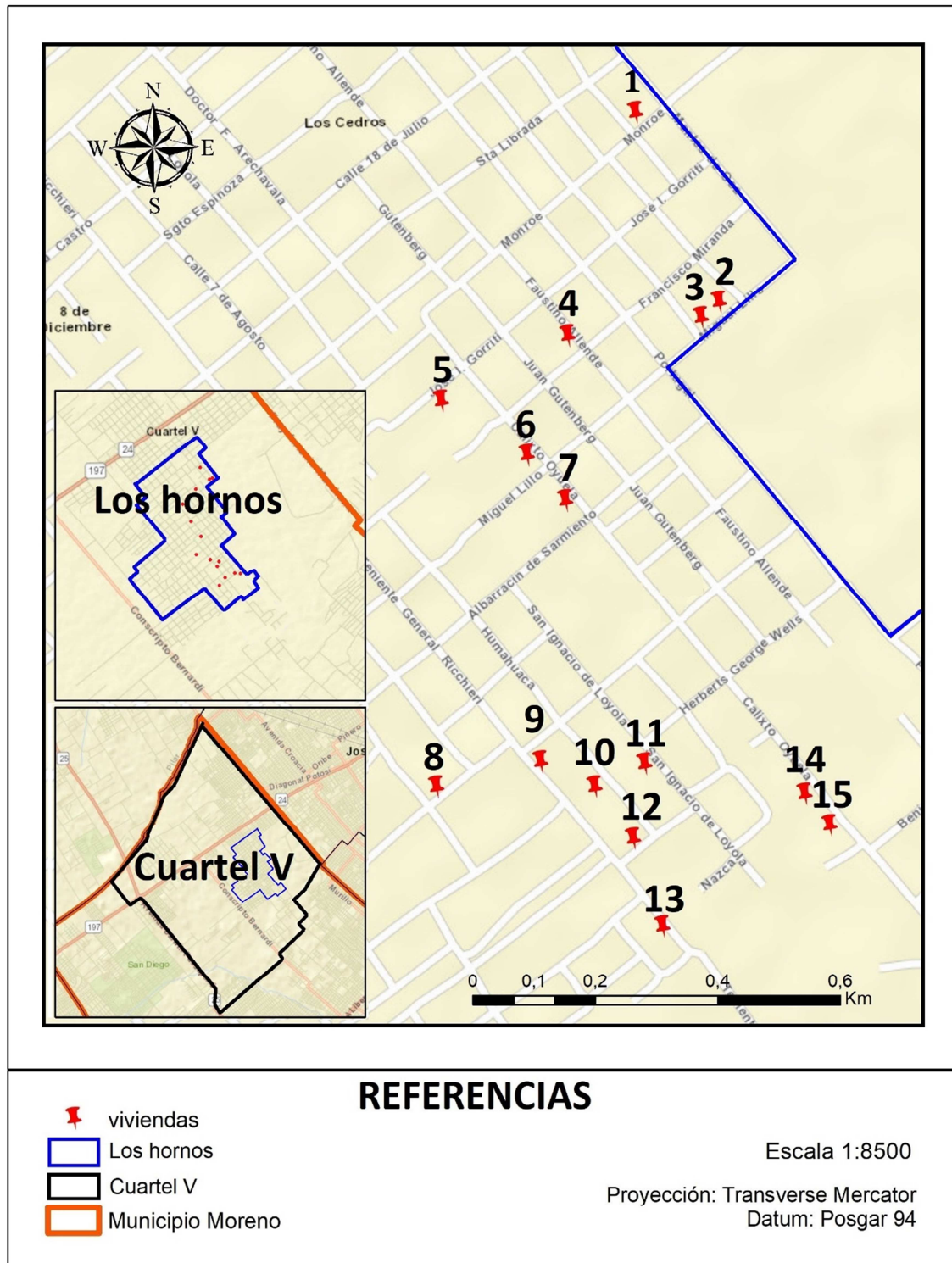


Imagen 3.9 - Enumeración de las viviendas. Elaboración propia.

3.3.1. Primera visita de los voluntarios de TECHO

Pasados 6 meses de la construcción (14 de junio de 2018) los voluntarios realizaron una visita a las viviendas. En esta ocasión relevaron, mediante el uso de un Higrómetro las siguientes mediciones

Vivienda	Temperatura [°C]		Humedad [%]	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1	15	21	41	56
2	15	22	49	59
3	16	21	49	59
5	-	21	-	69
7	7	20	45	92

Tabla 3.2 - Mediciones de temperatura y humedad realizadas en la primera visita de los voluntarios de TECHO.
Fuente: Documentación provista por TECHO.

En la vivienda 7 se realizaron las mediciones de temperatura y humedad durante el día y los valores obtenidos fueron muy similares al resto de las viviendas. Luego, se repitieron las mediciones durante la noche y se obtuvieron los valores extremos mostrados en la tabla.

Cabe destacar que los informes de donde se extrajo esta información no especifican la duración de los períodos de medición con el higrómetro. Además, las viviendas que no se mencionan no tienen mediciones realizadas.

También se recolectó la siguiente información mediante entrevistas a las familias^{1 2}

Vivienda	Calefacción	Infiltraciones		Observaciones
		Aire	Agua	
1	Estufa	No	No	
2	No	No	-	Frío excesivo
3	Estufa eléctrica	Si	-	
5	-	Si	No	Frío excesivo
6	Estufa a carbón	-	-	Vigas de techo en los módulos abiertos con humedad
7	No	Si	Si	Frío y humedad excesivos. Condensación en los muros a la noche que genera hongos
9	-	-	-	Frío excesivo
10	-	Si	-	
13	-	-	No	
15	-	-	Si	

Tabla 3.3 - Encuesta realizada en la primera visita de los voluntarios de TECHO. Fuente: Documentación provista por TECHO.

¹ Las viviendas que no figuran no pudieron ser relevadas ya que los propietarios no estaban en el momento de la visita o si pudieron ser relevadas pero no se incluyen en la tabla ya que la información obtenida no es pertinente a este proyecto integrador profesional.

² El símbolo "-" significa que el informe de TECHO no especifica.

3.3.2. Segunda visita de los voluntarios de TECHO

Nuevamente, se visitaron algunas de las viviendas, se tomaron medidas con el Higrómetro y se elaboró un informe con fecha 21 de septiembre de 2018. Los datos recopilados

Vivienda	Material de cerramiento	Fecha	Medición		Humedad relativa [%]		Temperatura interior [°C]		Temperatura exterior [°C]	
			Período [días]	Horario	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
-	T-Plak	-	-	-	59	49	21	16	-	-
-		-	-	-	59	49	22	15	-	-
-		-	-	-	56	41	21	15	-	-
-		-	-	-	69	-	21	-	-	-
8		3/9	1	-	99	44	24,9	10	21	3
5		5/9	1	-	82	37	23,9	11,5	26	12
11		4/10	-	16:00	66	-	20	-	21	-
		4/10	-	20:00	51	-	19	-	16	-
		5/10	-	00:00	62	-	18	-	14	-
		5/10	-	11:00	51	-	18	-	20	-
		5/10	-	14:00	44	-	17	-	21	-
	5/10	-	17:00	43	-	21	-	19	-	

Tabla 3.4 - Mediciones de temperatura y humedad realizadas en la segunda visita de los voluntarios de TECHO. Fuente: Documentación provista por TECHO.

Las mediciones más críticas se dieron en la vivienda 7

Vivienda 7						
Fecha	Medición		Humedad relativa [%]		Temperatura interior [°C]	
	Período [días]	Horario	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
16/6	2	-	92	46	20	7
18/6	-	6:00	99	-	-	7

Tabla 3.5 - Mediciones de temperatura y humedad en la vivienda 7. Fuente: Documentación provista por TECHO.

Esta vivienda efectivamente presenta condensación superficial con frecuencia, de manera que se forman colonias de hongos



Imagen 3.10 - Colonia de hongos en la vivienda 7. Fuente: Documentación provista por TECHO.

El departamento de Investigación y Diseño de TECHO optó por agregar una membrana hidrófuga al piso de dicha vivienda. Se realizaron nuevamente mediciones después de 3 meses y se obtuvo

Vivienda 7 con lámina hidrófuga en el piso						
Fecha	Medición		Humedad relativa [%]		Temperatura interior [°C]	
	Período [días]	Horario	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
16/9	2	-	99	77	24	19
19/9	-	3:00	99	-	14	-

Tabla 3.6 - Mediciones de temperatura y humedad en la vivienda 7 posteriores a la colocación de membrana hidrófuga. Fuente: Documentación provista por TECHO.

Que demuestra el efecto prácticamente nulo que tuvo esta incorporación.

3.3.3. Análisis de imágenes satelitales conducido por los alumnos

Se realizó con Google Earth que cuenta con imágenes del año 2019.

Vivienda	Cantidad de módulos		Disposición	Orientación de fachada
	Cerrados	Abiertos		
1	3	0	Hilera	SE
2	3	0	Ángulo	SE
3	3	0	Ángulo	SE
4	2	2	Hilera	NE
5	4	0	Hilera	NO
6	2	2	Hilera	SO
7	3	0	Hilera	SE
8	3	0	Hilera	SE
9	2	0	Hilera	SO
10	3	0	Ángulo	NO
11	4	0	Ángulo	NE
12	4	0	Ángulo	SO
13	3	2	Hilera	SO
14	2	2	Hilera	NE
15	4	0	Ángulo	NE
Promedios	3	0		

Tabla 3.7 - Cantidad de módulos, disposición y orientación de fachada de las viviendas.

Además, se observó que las viviendas están exentas de cortinas verdes o vegetación abundante y que la densidad de suelo construido es intermedia.



3.3.4. Encuestas telefónicas conducidas por los alumnos

Se elaboró una serie de preguntas sobre aspectos generales de la vivienda y la problemática de condensación en los cerramientos. Se relevó^{3 4}

Vivienda	Cantidad de personas	Cocina/horno		Calefacción	Aberturas	
		Tipo	Cantidad de quemadores		Ventanas	Puertas
3	5	Gas envasado	3	Estufa eléctrica	3	2
5	7	Gas envasado	4	Estufa eléctrica	3	1
7	5	Gas envasado	4	Estufa eléctrica	3	1
8	4	Gas envasado	2	No	3	1
10	4	Gas envasado	4	No	3	1
Promedios	5		3		3	1

Tabla 3.8 - Cantidad de personas, sistema de calefacción y cantidad de aberturas de las viviendas encuestadas.

Sobre la problemática de condensación superficial se relevó^{5 6}

Condensación						
Vivienda	Muros			Cubierta		
	Paños centrales	Puntos singulares	Frecuencia	Paños centrales	Puntos singulares	Frecuencia
3	Variable		Alta en invierno	No	No	-
7	Si	Encuentro muro exterior-muro exterior en altura media	Alta en invierno	No	No	-
8	No	No	-	No	No	-
10	Si	Encuentro muro exterior-muro exterior, en toda la altura	Intermedia en invierno	No	Encuentro muro-cubierta	Intermedia en invierno

Tabla 3.9 - Condensación superficial en las viviendas encuestadas.

³ La familia de la vivienda 5 es la única que agregó material al cerramiento vertical (membrana asfáltica).

⁴ Las viviendas que no figuran en la tabla no pudieron ser entrevistadas.

⁵ La familia de la vivienda 5 terminó la entrevista antes de concluirla, pero mencionó que hay condensación.

⁶ Todas las familias manifestaron que la vivienda no presenta condensación en el piso.

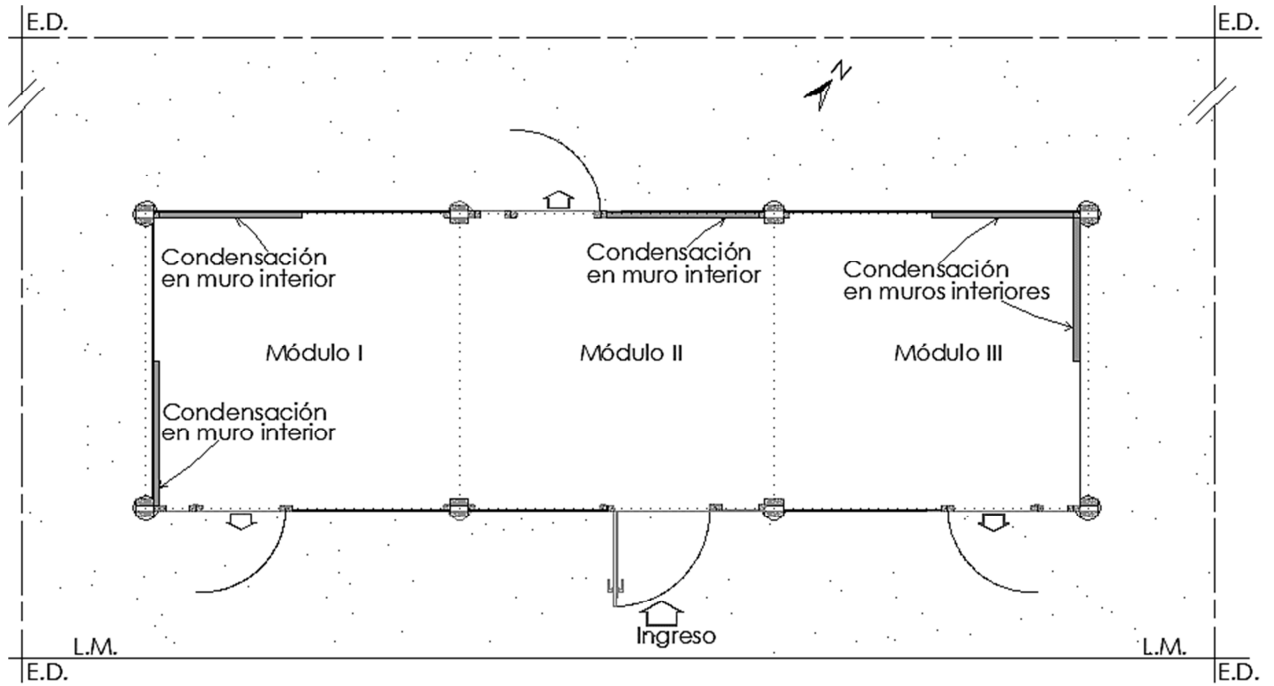


Ilustración 3.17 - Condensación superficial en la vivienda 7. Elaboración propia.

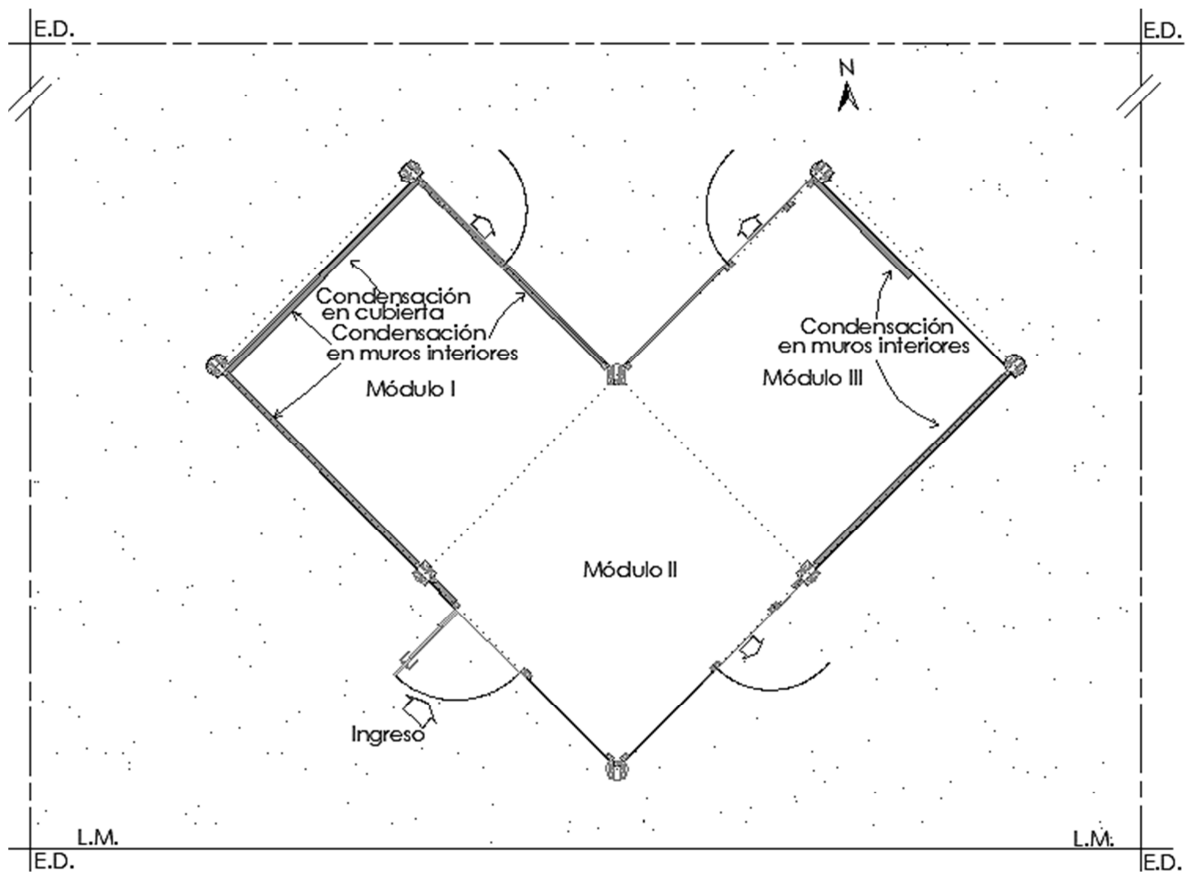


Ilustración 3.18 - Condensación superficial en la vivienda 10. Elaboración propia.

Se puede observar que hay condensación superficial tanto en paños centrales (hasta una distancia de 0,5 m de las aristas de los cerramientos) como en puntos singulares (aristas y rincones).

3.4. Familia y vivienda tipo

Resulta necesario definir un modelo que represente en la mayor medida posible a las familias y las viviendas. Lo que se buscó con ésta simplificación fue poder realizar un único análisis donde los resultados obtenidos fueran aplicables a la totalidad de las viviendas Semilla del Barrio Los Hornos.

3.4.1. Familia tipo

Se definió de 5 personas por familia.

3.4.2. Vivienda tipo

Los criterios adoptados fueron: 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.

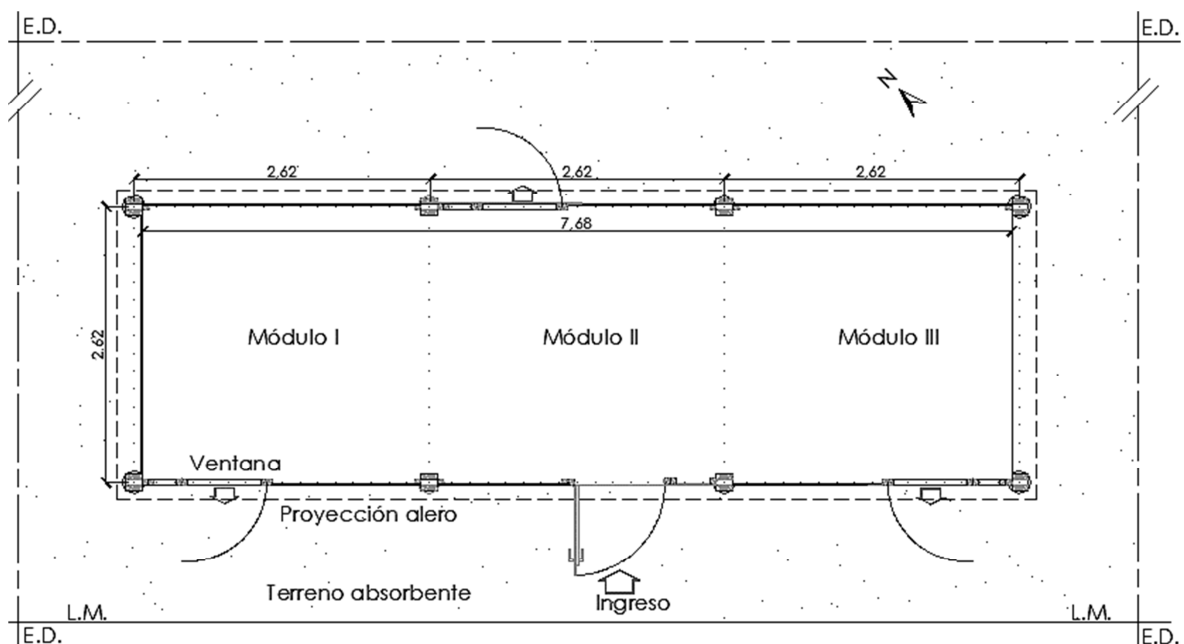


Ilustración 3.19 - Plano de la vivienda tipo. Elaboración propia.

Se determinó 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 para la zona bioclimática.

Se supuso que la familia no agregó a la vivienda ningún sistema de ventilación y el baño separado de la vivienda, ya que la vivienda original de TECHO no incluye ventilaciones ni baño.



4. Análisis de las condiciones actuales

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

4.1. Transmitancia térmica de los cerramientos

Utilizando la norma IRAM 11601 se calculó la transmitancia térmica de los cerramientos (en función a sus componentes). Luego, estos valores se compararon con valores máximos admisibles obtenidos de la norma IRAM 11605. Estos máximos dependen del lugar de emplazamiento de la vivienda (zona bioclimática III b según la norma IRAM 11603), la estación del año y el nivel de confort adoptado (categoría C, 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 dicha norma.

4.1.1. Muros

Flujo de calor horizontal			
Capa del elemento constructivo	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045
Resistencia superficial interior			0,13
TOTAL	0,01		0,22
Transmitancia térmica del componente [W/m ² ·K]			4,64
Transmitancia térmica máxima de invierno [W/m ² ·K]			1,67
Cumple con la IRAM 11605			NO
Transmitancia térmica máxima de verano [W/m ² ·K]			2,00
Cumple con la IRAM 11605			NO

Tabla 4.1 - Verificación de la transmitancia térmica del muro.

Los muros no verifican para nivel de confort C.

4.1.2. Cubierta

Flujo de calor ascendente (invierno)			
Capa del elemento constructivo	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Chapa	0,0005	58	0,000
Lana de vidrio	0,05	0,0417	1,2
Resistencia superficial interior			0,1
TOTAL	0,05		1,34
Transmitancia térmica del componente [W/m ² ·K]			0,75
Transmitancia térmica máxima [W/m ² ·K]			1,00
Cumple con la IRAM 11605			SI

Tabla 4.2 – Verificación de la transmitancia térmica de la cubierta en invierno.

Flujo de calor descendente (verano)			
Capa del elemento constructivo	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Chapa	0,0005	58	0,000
Lana de vidrio	0,05	0,0417	1,2
Resistencia superficial interior			0,17
TOTAL	0,05		1,41
Transmitancia térmica del componente [W/m ² ·K]			0,71
Transmitancia térmica máxima [W/m ² ·K]			0,76
Cumple con la IRAM 11605			SI

Tabla 4.3 - Verificación de la transmitancia térmica de la cubierta en verano.

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

4.1.3. Piso

Flujo de calor descendente (invierno)			
Capa del elemento constructivo	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Madera	0,0254	0,16	0,159
Resistencia superficial interior			0,17
TOTAL	0,03		0,37
Transmitancia térmica del componente [W/m ² ·K]			2,71
Transmitancia térmica máxima [W/m ² ·K]			1,00
Cumple con la IRAM 11605			NO

Tabla 4.4 - Verificación de la transmitancia térmica del piso en invierno.

Flujo de calor ascendente (verano)			
Capa del elemento constructivo	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Madera	0,0254	0,16	0,159
Resistencia superficial interior			0,1
TOTAL	0,03		0,30
Transmitancia térmica del componente [W/m ² ·K]			3,35
Transmitancia térmica máxima [W/m ² ·K]			0,76
Cumple con la IRAM 11605			NO

Tabla 4.5 - Verificación de la transmitancia térmica del piso en verano.

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

Excepto en el caso de la cubierta, la transmitancia térmica alta en cerramientos permite que el calor interior escape al exterior, bajando la temperatura y generando ambientes incómodos.

4.2. Ventilación

Del código de edificación urbana de Moreno se obtuvieron las exigencias mínimas de iluminación y ventilación, las cuales dependen de la clase de local (habitación, cocina, etc.) y del local en sí (su superficie). El área mínima de los vanos de iluminación se calcula según

$$i = \frac{A}{X}$$

Donde i es el área mínima del total de los vanos de iluminación, A el área libre de la planta local y X un coeficiente a aplicar según el tipo de local.

El área mínima de los vanos de ventilación se calcula según

$$V = \frac{i}{K}$$

Donde V es la superficie mínima de ventilación, i es la superficie mínima de iluminación y K un coeficiente de aplicación según el tipo de local.

Se supuso una división interior en la vivienda tipo de forma de generar dos locales (habitación y cocina comedor)

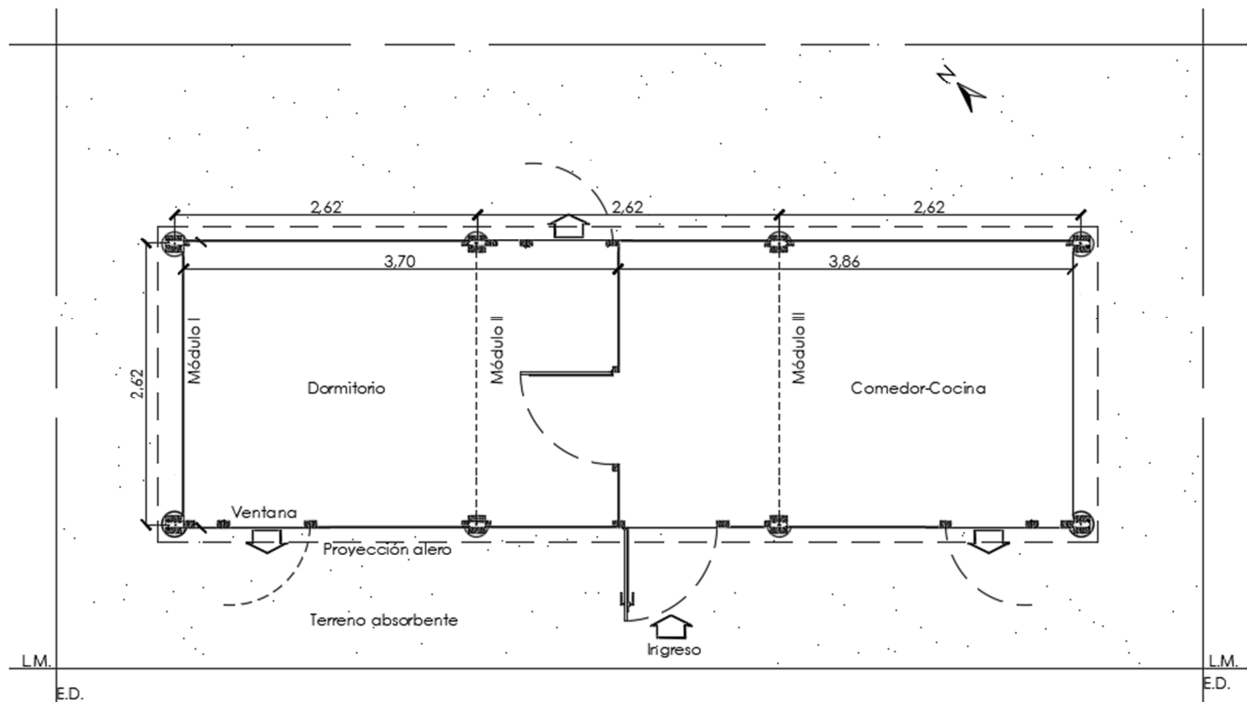


Ilustración 4.1 - División interior en la vivienda tipo. Elaboración propia.

Luego, los cálculos de iluminación y ventilación

Iluminación			
Local	Superficie [m ²]	Coeficiente X	Iluminación mínima [m ²]
Habitación	9,69	12	0,81
Cocina comedor	10,11	-	0,5

Tabla 4.6 - Iluminación mínima para los locales de la vivienda tipo.



Ventilación			
Local	Iluminación mínima [m ²]	Coefficiente K	Ventilación mínima [m ²]
Habitación	0,81	3	0,27
Cocina comedor	0,50	0,67	0,75

Tabla 4.7 - Ventilación mínima para los locales de la vivienda tipo.

Los valores de iluminación y ventilación de la vivienda tipo son

Vivienda tipo		
Local	Iluminación [m ²]	Ventilación [m ²]
Habitación	2,10	1,58
Cocina comedor	1,05	0,79

Tabla 4.8 - Verificación de iluminación y ventilación para los locales de la vivienda tipo.

Dado que la habitación presenta dos ventanas y la cocina comedor una sola. Todos los valores están por encima de los requisitos mínimos.

Si bien los requisitos mínimos de ventilación se cumplen, la humedad relativa en el interior de la vivienda, para temperaturas bajas, alcanza valores inaceptables. Este es un tema importante dado que la aislación térmica de la vivienda es insuficiente y, por ende, los ambientes se tornan fríos con frecuencia. Además, la humedad relativa alta influye sobre la sensación térmica, alejando aún más a la temperatura interior de los valores confortables.

4.3. Riesgo de condensación superficial e intersticial

La norma IRAM 11625 presenta el cálculo correspondiente a condensación superficial e intersticial en paños centrales (hasta una distancia de 0,5 metros a encuentros de muros, encuentro de muro con piso o cubierta, es decir, puntos singulares). La norma IRAM 11630 presenta el mismo cálculo para puntos singulares.

Basándonos en estas normas, las condiciones higrotérmicas interiores y exteriores (temperaturas y valores de humedad relativa) se adoptaron como indican los apartados 5.2.1 y 5.2.2 de la norma 11625. Luego, con la transmitancia térmica de los cerramientos se calculó la temperatura superficial interior de los mismos, t_s , y se comparó con la temperatura de rocío correspondiente, t_r . De ésta forma, se determinó si existe riesgo de condensación superficial o intersticial: se calculó la diferencia entre ambas ($\Delta_T = t_s - t_r$) y, en caso de resultar negativa, existe riesgo de condensación.

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

4.3.1. Paños centrales

4.3.1.1. Condensación superficial

En este caso, se adoptó una resistencia superficial interior de $0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

4.3.1.1.1. Muros

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,17	4,56				1,3	11,2	-6,64
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	0,96	0,0112	89,29		0,42	-4,0	4,96
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		0,26	20,2		89,29		0,88		

Tabla 4.9 – Verificación del riesgo de condensación superficial en paños centrales de muros.

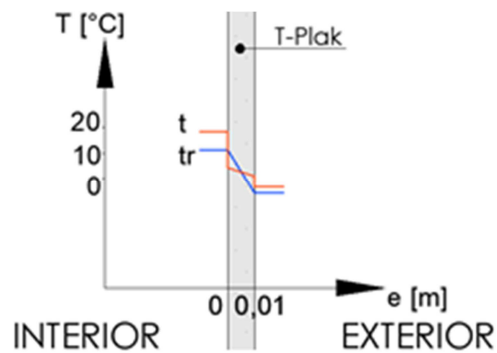


Ilustración 4.2 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del muro (verificación del riesgo de condensación superficial).

La curva roja representa la temperatura punto a punto en el muro y la curva azul la temperatura de rocío. La temperatura superficial en el interior del cerramiento es de 4,56 °C y en el mismo punto la temperatura de rocío es de 11,2 °C por lo que existe riesgo de condensación superficial.

4.3.1.1.2. Cubierta

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,17	15,30				1,3	11,2	4,10
Lana de vidrio	0,05	0,047	1,064	-1,57	0,009375	106,67		0,42	-4,0	2,43
Chapa galvanizada acanalada	5E-04	38	0,000	-1,57				0,42	-4,0	2,43
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		1,27	20,2		106,67		0,88		

Tabla 4.10 – Verificación del riesgo de condensación superficial en paño central de cubierta.

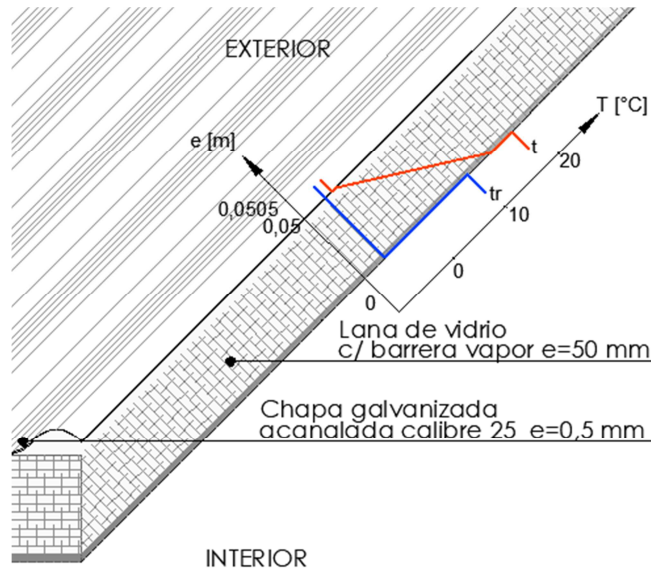


Ilustración 4.3 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor de la cubierta (verificación del riesgo de condensación superficial).

No existe riesgo de condensación superficial en la cubierta.

4.3.1.1.3. Piso

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,17	8,69				1,3	11,2	-2,51
Madera	0,025	0,16	0,159	-0,01	0,0375	0,68		0,42	-4,0	3,99
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		0,37	20,2		0,68		0,88		

Tabla 4.11 – Verificación del riesgo de condensación superficial en paño central de piso.

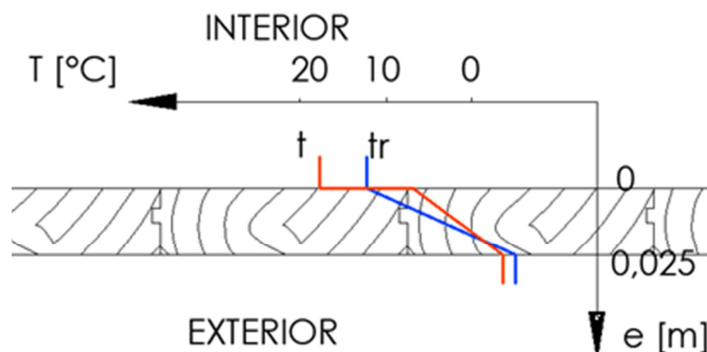


Ilustración 4.3 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del piso (verificación del riesgo de condensación superficial).

La temperatura superficial en el interior del cerramiento es de 8,69 °C y en el mismo punto la temperatura de rocío es de 11,2 °C por lo que existe riesgo de condensación superficial.

4.3.1.2. Condensación intersticial

4.3.1.2.1. Muros

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,13	5,81				1,3	11,2	-5,39
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	1,55	0,0112	89,29		0,42	-4,0	5,55
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		0,22	20,2		89,29		0,88		

Tabla 4.12 – Verificación del riesgo de condensación intersticial en paños centrales de muros.

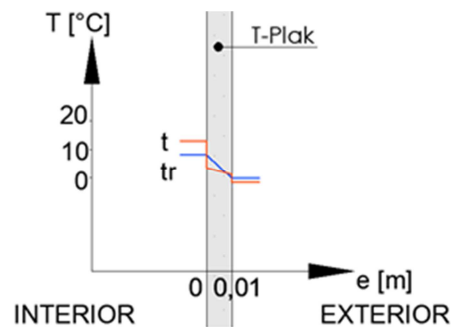


Ilustración 4.5 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del muro (verificación del riesgo de condensación intersticial).

Dado que las curvas se tocan, existe riesgo de condensación intersticial.

4.3.1.2.2. Cubierta

En este caso, se adoptó una resistencia superficial interior de 0,10 m²·K/W, que corresponde a un flujo de calor ascendente (invierno).

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,10	16,32				1,3	11,2	5,12
Lana de vidrio	0,05	0,047	1,064	-1,53	0,009375	106,67		0,42	-4,0	2,47
Chapa galvanizada acanalada	5E-04	38	0,000	-1,53				0,42	-4,0	2,47
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		1,20	20,2		106,67		0,88		

Tabla 4.13 – Verificación del riesgo de condensación intersticial en paño central de cubierta.

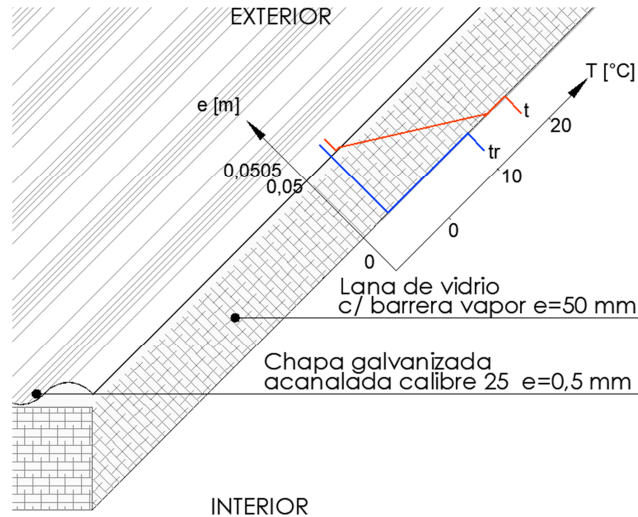


Ilustración 4.6 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor de la cubierta (verificación del riesgo de condensación intersticial).

No existe riesgo de condensación intersticial. Para flujo de calor descendente (verano), la resistencia superficial a adoptar es de $0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, que coincide con el cálculo de condensación superficial para cubierta ya mostrado, cuyo resultado es que no existe riesgo de condensación.

4.4.1.2.3. Piso

En este caso, también se adoptó una resistencia superficial interior de $0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, que corresponde a un flujo de calor ascendente (verano) dado que es el caso más crítico.

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,8
Resistencia superficial interior			0,10	11,24				1,3	11,2	0,04
Madera	0,0254	0,16	0,159	0,50	0,03375	0,75		0,42	-4,0	4,50
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,45	-3,5	1,3
Aire exterior				-2,2			90	0,45	-3,5	1,3
Total	0,01		0,30	20,2		0,75		0,88		

Tabla 4.14 – Verificación del riesgo de condensación intersticial en paño central de piso.

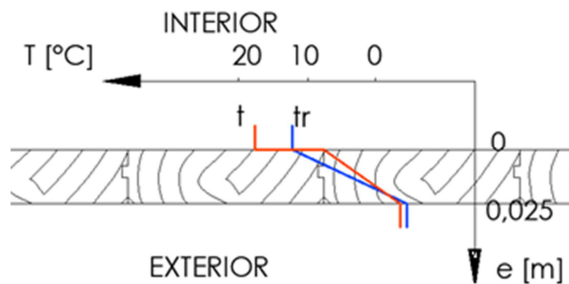


Ilustración 4.7 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del piso (verificación del riesgo de condensación intersticial).

No existe riesgo de condensación intersticial, aunque la diferencia de temperaturas es de 0,04 °C. Para flujo de calor descendente (invierno), la resistencia superficial a adoptar es de 0,17 m²·K/W, que coincide con el cálculo de condensación superficial para piso ya mostrado, cuyo resultado es que existe riesgo de condensación.

4.3.2. Puntos singulares

En este caso, se realizó la verificación de riesgo de condensación superficial. Para ello, se adoptaron las siguientes resistencias superficiales interiores: para aristas superiores (encuentro muro con cubierta) y aristas verticales a altura media (encuentro entre muros), $R_{si}=0,25 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$. Para aristas inferiores (encuentro muro piso), $R_{si}=0,34 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$.

El cálculo de riesgo de condensación intersticial en puntos singulares coincide con el de condensación intersticial en paños centrales.

4.3.2.1. Aristas superiores

4.3.2.1.1. Muro

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R_v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t_r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,25	2,95				1,3	11,2	-8,25
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	0,21	0,0112	89,29		0,42	-4,0	4,21
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		0,34	20,2		89,29		0,88		

Tabla 4.15 – Verificación del riesgo de condensación superficial en arista superior (muro).

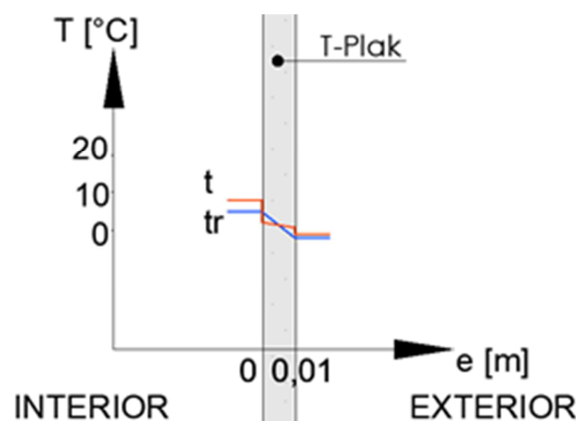


Ilustración 4.8 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del muro (verificación del riesgo de condensación superficial).

El término negativo en la columna Δ_T da cuenta que existe riesgo de condensación.

4.3.2.1.2. Cubierta

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,25	14,27				1,3	11,2	3,07
Lana de vidrio	0,05	0,047	1,064	-1,60	0,009375	106,67		0,42	-4,0	2,40
Chapa galvanizada acanalada	5E-04	38	0,000	-1,60				0,42	-4,0	2,40
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		1,35	20,2		106,67		0,88		

Tabla 4.16 – Verificación del riesgo de condensación superficial en arista superior (cubierta).

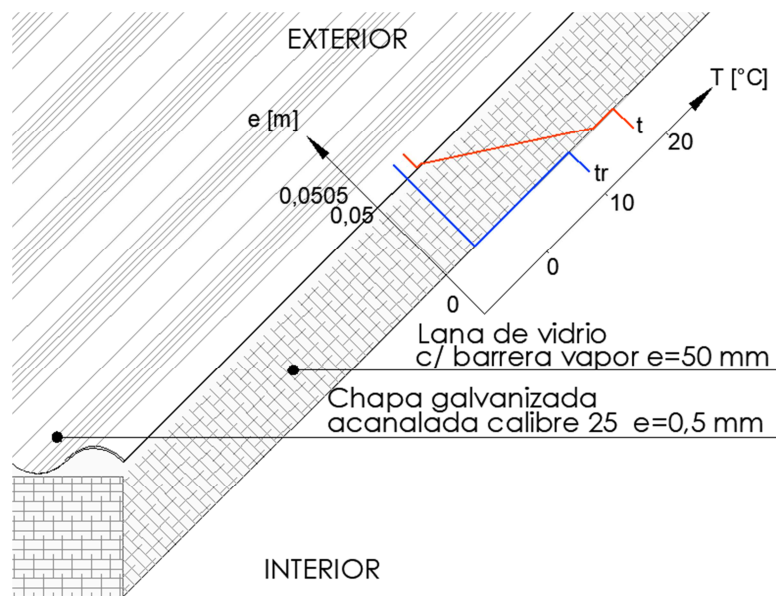


Ilustración 4.9 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor de la cubierta (verificación del riesgo de condensación superficial).

No existe riesgo de condensación superficial.

4.3.2.2. Aristas verticales a altura media

El cálculo es el mismo que el que se muestra en la tabla 4.15 por lo que existe riesgo de condensación.

4.3.2.3. Aristas inferiores

4.3.2.3.1. Muro

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,34	1,86				1,3	11,2	-9,34
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	-0,30	0,0112	89,29		0,42	-4,0	3,70
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		0,43	20,2		89,29		0,88		

Tabla 4.17 – Verificación del riesgo de condensación superficial en arista inferior (muro).

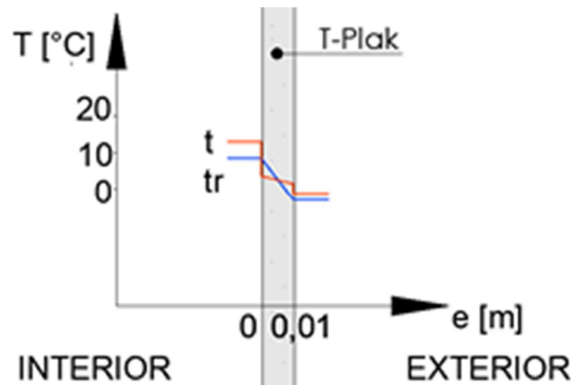


Ilustración 4.10 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del muro (verificación del riesgo de condensación superficial).

Existe riesgo de condensación.

4.3.2.3.2. Piso

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,34	5,25				1,3	11,2	-5,95
Madera	0,025	0,16	0,159	-0,70	0,0375	0,68		0,42	-4,0	3,30
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		0,54	20,2		0,68		0,88		

Tabla 4.18 – Verificación del riesgo de condensación superficial en arista inferior (piso).

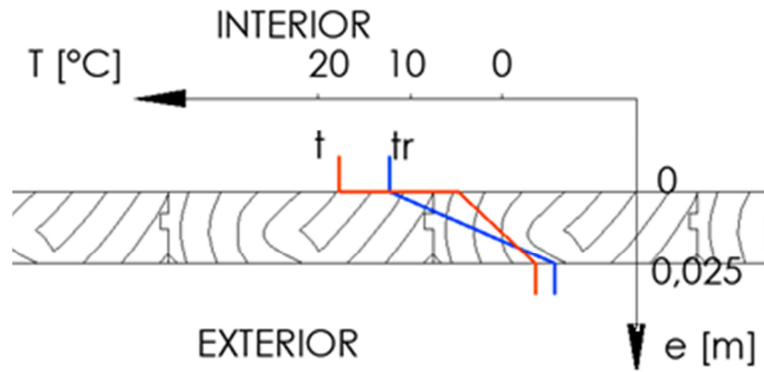


Ilustración 4.11 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del piso (verificación del riesgo de condensación superficial).

Existe riesgo de condensación superficial.

Dados todos estos cálculos, se puede concluir que la falta de aislación térmica genera superficies internas de los cerramientos por debajo de la temperatura de rocío, de forma que existe riesgo condensación.

Además, el alto valor de humedad relativa en el interior de los ambientes actúa sobre la temperatura de rocío (hace que aumente), incrementando el riesgo de condensación superficial e intersticial.

5. Materiales

En esta sección se tratan los materiales analizados para los cerramientos verticales y sus propiedades. Para los cerramientos horizontales se optó por utilizar materiales y/o soluciones tradicionales, como se verá más adelante.

5.1. Composición y proceso de fabricación

5.1.1. T-Plak

Las placas T-Plak se obtienen del reciclado de envases Tetra Brik en forma de bobinas o envases troquelados sin uso, que presentan defectos de impresión o cortes.

Por su parte, el material para envasado Tetra Brik es un material multicapa como muestra la figura

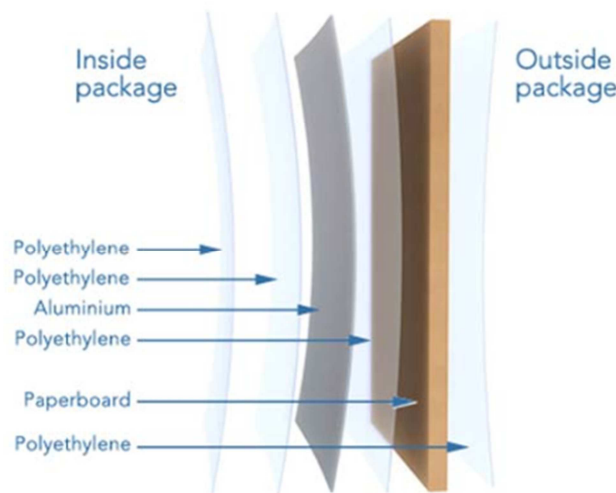


Ilustración 5.1 - Capas componentes del envase Tetra Brik.

La cantidad de capas varía en la diversidad de envases que ofrece la empresa. Se componen mayoritariamente de celulosa, en un 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.

Para la fabricación de las placas T-Plak, se tritura la materia prima en partículas de 0,5 a 1 cm y luego se prensa en caliente a 60 kg/cm^2 y 180 $^{\circ}\text{C}$. La parte polimérica de los envases funciona como ligante, de forma que no es necesario agregar adhesivos adicionales. Por último, se refila el producto y se obtienen planchas de 1,20 por 2,30 metros. En Argentina, se comercializan en espesores de 6, 10, 12, 16 y 19 mm.



Imagen 5.1 - Placa T-Plak.

5.1.2. Bloque 3c

3c construcciones es una empresa cordobesa que desarrolló un sistema constructivo mixto a partir de materiales reciclados. Las fundaciones se componen de vigas de encadenado de hormigón armado con planchuelas en ángulo empotradas en el hormigón cada 60 cm. Sobre estas planchuelas se atornillan columnas de pino de 2" por 5" donde se clavan los bloques de material reciclado. Luego, la cubierta se construye con estructura resistente de madera (vigas cada 60 cm en coincidencia con las columnas).

Con el trabajo en conjunto del Ministerio de Salud y Desarrollo Social de la Nación, la empresa 3c construcciones y la fundación Ecoinclusión, las licencias de esta tecnología desarrollada han sido transferidas a 6 cooperativas en el país que actualmente se encuentran produciendo estos bloques de material reciclado y construyendo con ellos a pequeña escala. Las cooperativas se encuentran en las provincias de Córdoba, Corrientes, Misiones, Salta, Jujuy y Neuquén y en Gran Buenos Aires (partido de Quilmes).

En este proyecto integrador profesional se analizó la posibilidad de utilizar los bloques de material reciclado como material aislante térmico, no el sistema constructivo total.

Dichos bloques se obtienen del prensado en frío de materiales poliméricos. Para su elaboración, en primer lugar, se clasifica el material recuperado, seleccionando botellas de plástico, bolsas de plástico y nylon, packaging de alimentos y materiales afines. Por lo que los bloques se componen de láminas de distintos espesores de polietileno tereftalato, polietileno de baja y alta densidad, polipropileno, cloruro de polivinilo, poliestireno, entre otros, en distintas proporciones dependiendo del ciclo de producción, dispuestas de forma irregular.



Imagen 5.2 - Sistema constructivo de Bloque 3c.

Para cada bloque se utilizan de 2,5 a 5 kg de material recuperado. Por éste motivo, también depende del ciclo de producción la porosidad o densidad lograda. Una vez prensado, se ata con cintas sujetadoras para lograr el mampuesto. Sus medidas son de 19 cm de espesor y 50 por 60 cm de superficie.

5.1.3. Materiales sueltos

La investigación se orientó a desechos de la producción agrícola y maderera de la provincia de Buenos Aires. Específicamente aserrín, viruta y residuos de la industria del trigo.

5.2. Densidades y porosidades

La organización de las partículas individuales de un material suelto en unidades mayores hace que el mismo sea un medio poroso. Esto permite establecer dos tipos de densidades, la densidad de las partículas o densidad real y la del material en su conjunto o densidad de volumen o aparente (Porta y cols., 2008). La densidad de las partículas, o densidad real, corresponde al peso de la unidad de volumen de los sólidos.

La densidad de volumen o densidad aparente se define como el peso del material por unidad de volumen inalterado, sin procesos de compactación, incluyendo el espacio poroso (Pinot, 2000).

La porosidad es el porcentaje dentro de una unidad de volumen ocupado por aire. Se determina con la diferencia entre densidad real y densidad aparente.

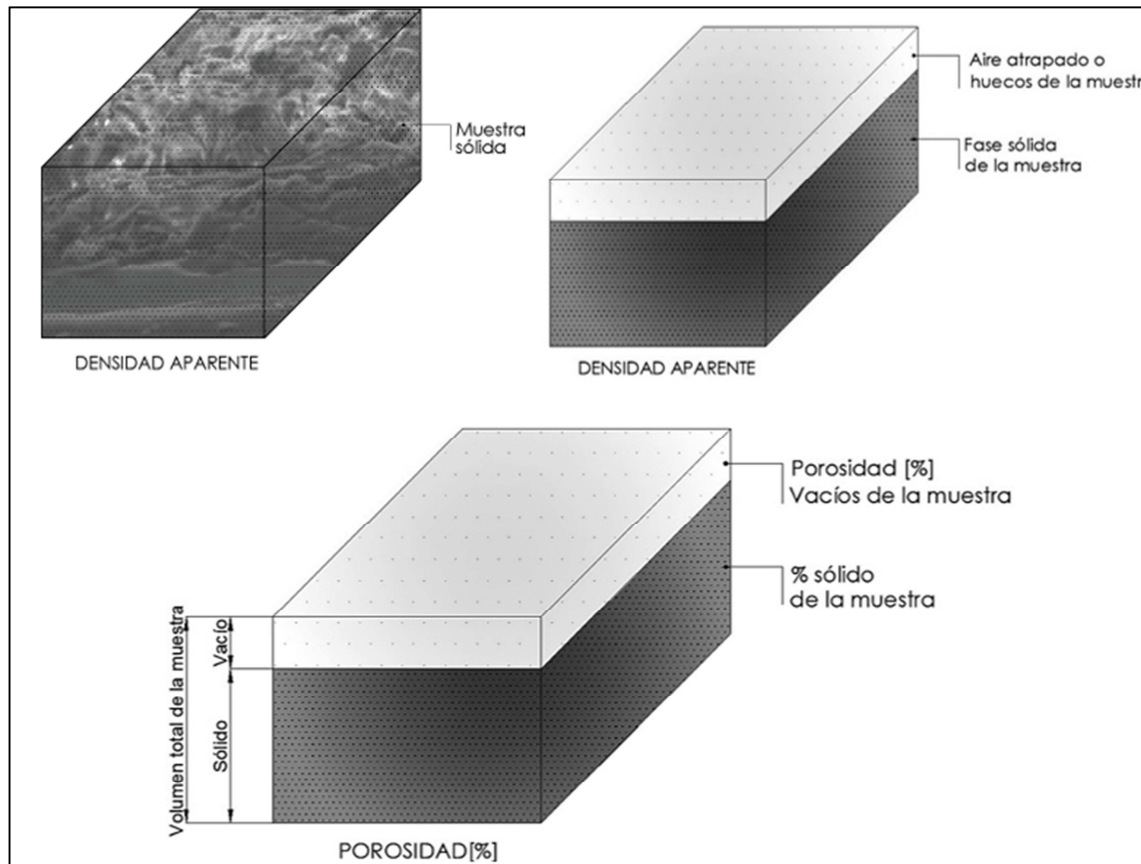


Ilustración 5.2 - Esquema de densidad aparente. Elaboración propia.

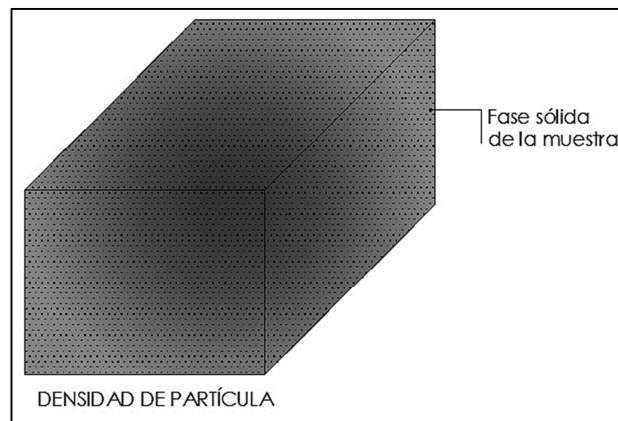


Ilustración 5.3 - Esquema de densidad de partícula. Elaboración propia.

Estas propiedades fueron analizadas dado que influyen sobre la conductividad térmica y la permeabilidad al vapor de agua de los materiales.

5.2.1. T-Plak

La densidad de las placas fue ensayada por la empresa homónima que las produce, con un valor de $1045,6 \text{ kg/m}^3$.

Para determinar la porosidad, en primer lugar se obtuvo la densidad real de la materia prima con las proporciones y densidades de los materiales que conforman el envase Tetra Brik



	Densidad [kg/m ³]	Proporción [%]	Envases Tetra Brik [kg/m ³]
Polietileno baja densidad	920	20	1444
Aluminio	2700	5	
Celulosa	1500	75	

Tabla 5.1 - Estimación de la densidad real del envase Tetra Brik.

Luego, la porosidad de la placa se obtuvo como la diferencia entre la densidad real de los envases y la densidad aparente de la placa. Se obtuvo como resultado una porosidad de 27,6%.

El término densidad aparente hace referencia a la densidad del material teniendo en cuenta la porosidad o aire atrapado de las muestras.

5.2.2. Bloque 3c

Las mediciones se llevaron a cabo en el laboratorio de Ingeniería Civil de la sede neuquina de la Universidad Nacional del Comahue. Para esto se utilizó una balanza de precisión, una cinta métrica y un calibre para las dimensiones de precisión.

A [cm ²]	e [m]	Volumen [m ³]	Peso [kg]	Densidad aparente [kg/m ³]
2398,05	0,1955	0,0469	2,48	52,90

Tabla 5.2- Cálculo de la densidad aparente del Bloque 3c.

Para el espesor se adoptó un promedio de 12 mediciones por muestra.

Densidad real [kg/m ³]	Densidad aparente [kg/m ³]	Porosidad [%]
934,58	52,90	94,34

Tabla 5.3 - Cálculo de la porosidad del Bloque 3c.

Para obtener la densidad real del Bloque 3c se promediaron las densidades de los polímeros componentes (PET, PEAD, PEBD, PP, PVC y PS).

5.2.3. Materiales sueltos

Material	Densidad aparente [kg/m ³]	Porosidad [%]
Paja de trigo	25,6	97,04
Viruta	103,2	89,78
Aserrín	102,5	86,83

Tabla 5.4 - Porosidades de los materiales sueltos.

Los valores fueron obtenidos de bibliografía de terceros.

5.3. Conductividades térmicas

5.3.1. T-Plak

La conductividad térmica de las placas fue ensayada por la empresa homónima que las produce, con un valor de 0,22 W/m²·K.

5.3.2. Bloque 3c

Por ser un material de desarrollo relativamente reciente no se conoce aún su conductividad. Por este motivo fue necesario medir dicha propiedad.

5.3.2.1. Ensayo de conductividad

5.3.2.1.1. Testo 435

El instrumento se utiliza para medir transmitancias de cerramientos ya construidos. De esta forma, cuenta con una sonda inalámbrica de radio frecuencia que se ubica en el exterior, tres sensores de contacto que se adhieren a la superficie interior del cerramiento y un último sensor que mide la temperatura interior del ambiente.



Imagen 5.3 - Testo 435 de izquierda a derecha: Sensor de temperatura interior con visor, sonda inalámbrica de radio frecuencia y sensores de contacto.

Para obtener mediciones de calidad, los sensores de contacto deben aplicarse en un triángulo equilátero de 10 a 15 cm de lado, para tener en cuenta distribuciones desiguales de los componentes del material. Para esto, se utiliza una masilla provista con el equipo. Además, la sonda inalámbrica no debe recibir radiación solar. Por último, la diferencia de temperatura interior-exterior debe ser de por lo menos 15 °C y las mediciones se tienen que mantener con la menor variación de la diferencia de temperatura posible.

Con los valores de temperaturas interior, exterior y superficial interior medidas, el software Comfort (provisto con el instrumento) calcula automáticamente los valores de transmitancia térmica y los grafica en función al tiempo. El cálculo que realiza es el siguiente

$$K = \frac{(t_i - t_{si}) \cdot \alpha}{(t_i - t_e)}$$

Donde

K es la transmitancia térmica en $W/m^2 \cdot K$;

t_i la temperatura interior en °C;

t_{si} la temperatura superficial interior en °C;

t_e la temperatura exterior en °C;

α el coeficiente de convección interior, de $5,88 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para los ensayos realizados.

5.3.2.1.2. Descripción del ensayo

El ensayo se realizó en una habitación de 2,60 por 2,70 metros en planta y 2,35 metros de altura, con una estufa eléctrica y una conservadora. La estufa eléctrica se mantuvo encendida por 30 minutos antes de comenzar las mediciones. Luego, se introdujo 1 kg de hielo en la conservadora y se cerró la misma con la muestra del material. Se dispusieron los sensores de contacto y se prosiguió a realizar las mediciones.

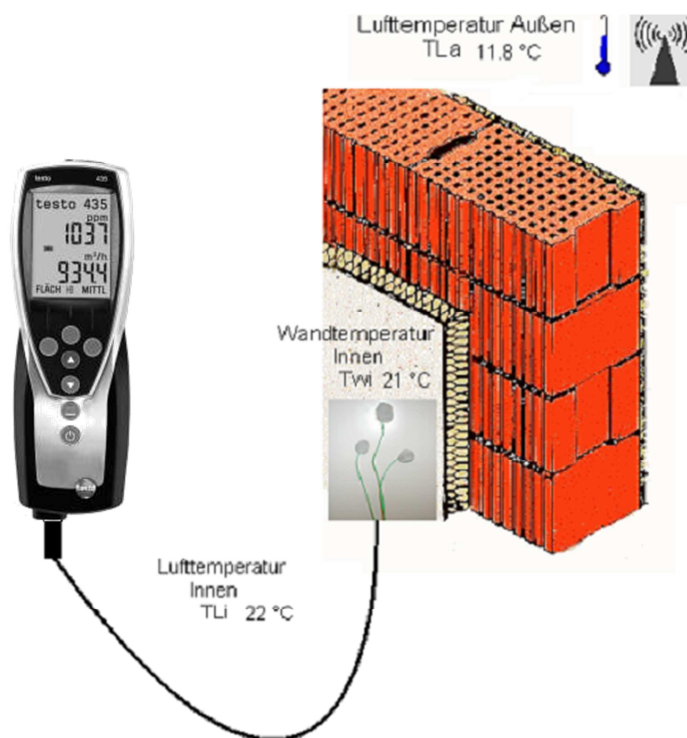


Ilustración 5.4 - Esquema de funcionamiento del Testo 435. Fuente: Documentación provista por Testo Argentina S.A.

Por ser el ambiente frío el interior a la conservadora y el ambiente caliente la sala donde se realizó el ensayo, el flujo de calor generado fue vertical y hacia abajo. En éste caso, las resistencias superficiales correspondientes son de $0,17 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ (interior) y $0,04 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ (exterior). A su vez, se llamó temperatura exterior a la interior a la conservadora (medida por la sonda inalámbrica) e interior a la temperatura ambiente del recinto.

Cuando se visualizó en el software graficador que la curva estaba estabilizada se dio por finalizado el ensayo. Luego, de los datos obtenidos se promedió aquellos valores de transmitancia térmica correspondientes al segmento de la curva estabilizada.

Por último, para obtener la conductividad del material ensayado

$$\lambda = \frac{e}{\frac{1}{K} - R_{si} - R_{se}}$$

Donde

λ es la conductividad térmica en W/m·K;

e es el espesor de la muestra en m;

K es la transmitancia térmica medida en W/m²·K;

R_{si} la resistencia superficial interior en m²·K/W;

R_{se} la resistencia superficial exterior en m²·K/W.

5.3.2.1.3. Resultados

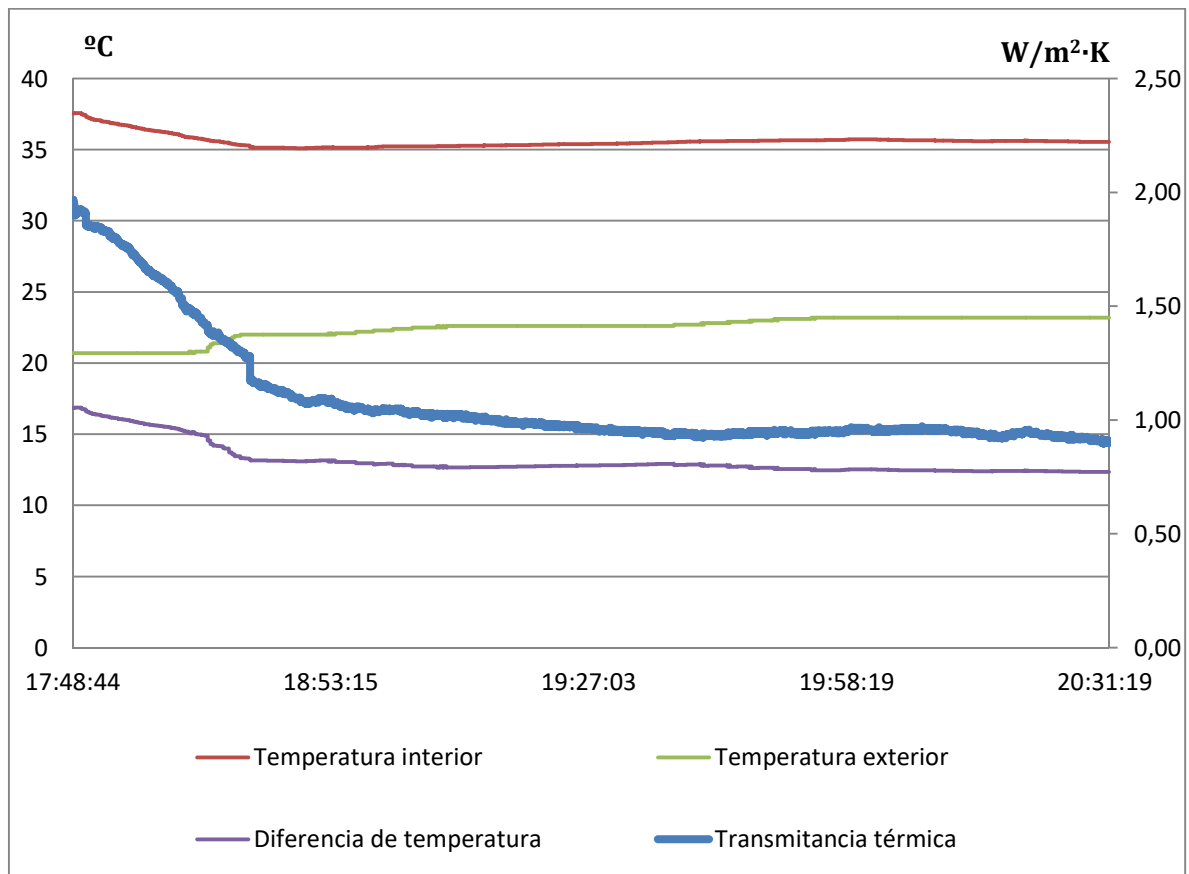


Gráfico 5.1 - Mediciones de transmitancia térmica del Bloque 3c.

Las mediciones consideradas en el promedio son a partir de las 18:50:00. La transmitancia obtenida es de 0,94 W/m²·K. Con este valor, la conductividad resultó

e [m]	K [W/m ² ·K]	Flujo descendente		λ [W/m·K]
		R _{si} [m ² ·K/W]	R _{se} [m ² ·K/W]	
0,1955	0,94	0,17	0,04	0,23

Tabla 5.5 - Cálculo de conductividad térmica del Bloque 3c.



Dada la gran cantidad de aire atrapado que presenta el bloque 3c, se esperaba una conductividad menor a la medida. Dicho resultado se podría atribuir a que esta gran cantidad de aire atrapado tiene la posibilidad de transmitir calor por convección dado que los canalículos se encuentran interconectados y son de dimensiones considerables.

5.3.3. Materiales sueltos

Las conductividades utilizadas en el correspondiente análisis higrotérmico son

Material	λ [W/m·K]
Paja de trigo	0,07
Viruta	0,06
Aserrín	0,05

Tabla 5.6 - Conductividades térmicas de los materiales sueltos.

Obtenidas de bibliografía de terceros.

5.4. Estimaciones de la permeabilidad al vapor de agua

En la siguiente sección se realizó una estimación de la permeabilidad al vapor de agua de aquellos materiales donde esta propiedad no ha sido medida aún. Por ello, los materiales aislantes convencionales (lana de vidrio y poliestireno expandido) no toman parte del análisis.

5.4.1. T-Plak

5.4.1.1. Visualización mediante microscopio de barrido electrónico

Se realizó en el Laboratorio de Caracterización de Materiales de la Universidad Nacional del Comahue, con la ayuda de la Dra. Sommadossi Silvana y el ayudante García Damián.

5.4.1.1.1. Microscopio de barrido electrónico

En general, un microscopio de barrido electrónico consta de una columna a alto vacío donde se introduce la muestra. En la parte superior se encuentra el cañón compuesto por un filamento metálico sometido a alta tensión y en el cual se genera la emisión de un haz de electrones. El haz se condensa y focaliza mediante lentes electromagnéticas a su paso por la columna, en la cual también encontramos el generador de barrido que permite que el haz no permanezca estático barriendo progresivamente la muestra. En la parte inferior se encuentra la cámara de análisis alrededor de la cual se disponen los diferentes detectores de electrones y rayos X que, junto con el sistema informático, nos permiten generar una imagen o bien procesar información analítica.

Como consecuencia de la interacción entre el haz de electrones emitido por el filamento y los electrones de la muestra, se generan electrones secundarios, electrones retro dispersados y rayos X.

La imagen se obtiene de los electrones secundarios y permite conocer la morfología superficial de la muestra. A su vez, mediante los electrones retro dispersados y los rayos X emitidos, es posible obtener información sobre la composición de la muestra.



Imagen 5.4 - Microscopio de barrido electrónico del Laboratorio de Caracterización de Materiales de la Universidad Nacional del Comahue.

5.4.1.1.2. Procedimiento

Se utilizó un bisturí para cortar muestras con la mínima alteración de la estructura del material posible. Se trata de muestras cuadradas de una pulgada de lado y 1 cm de espesor. Por ser un material no conductor, fue necesario realizar un baño con polvo de oro.

Luego, la muestra preparada se dispuso en el microscopio de forma de observar su corte transversal (los cantos cortados con bisturí). Es decir, la cantidad de capas de cada componente (aluminio, polietileno y celulosa), sus espesores, su disposición. También, verificar si existen poros interconectados que permitan la transmisión de vapor de agua.

5.4.1.1.2. Resultados

La porosidad es baja y el material polimérico (que hace de aglomerante) recubre las partículas uniformemente. Por el prensado, las partículas se disponen paralelas entre sí, en forma perpendicular al paso de vapor de agua.

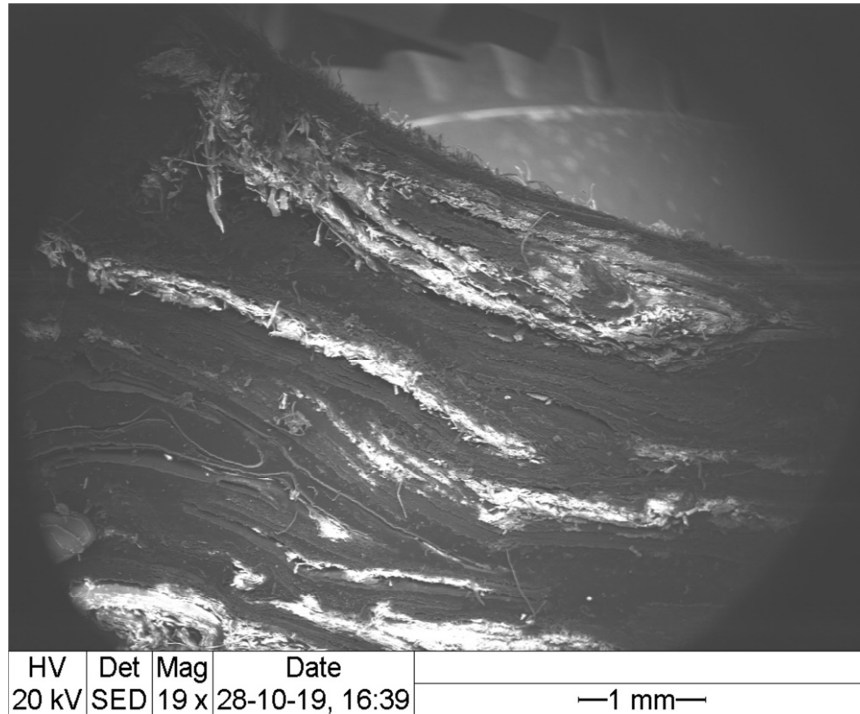


Imagen 5.5 - Fotografía de un corte transversal de T-Plak tomada con el microscopio de barrido electrónico.

La celulosa corresponde al color blanco. La imagen 5.5, de mayor escala, muestra como las partículas de celulosa (la fase con mayor permeabilidad al vapor de agua del material compuesto) están completamente embebidas en la fase polimérica.

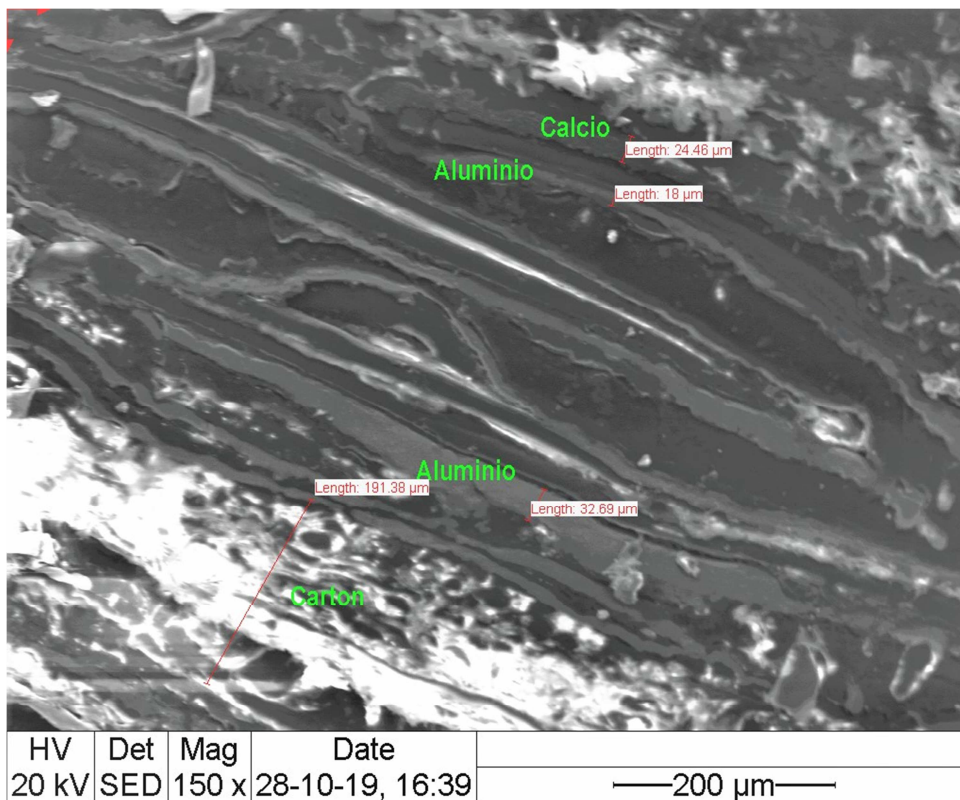


Imagen 5.6 - Fotografía de un corte transversal de T-Plak tomada con el microscopio de barrido electrónico.

La imagen 5.6, de menor escala, muestra la disposición paralela de las capas de los distintos materiales y sus espesores. De esta forma, se acotan dos capas de aluminio



de 18 y 32,69 μm de espesor. El gris más oscuro corresponde al polietileno que corresponde a la fase matriz. También se observó presencia de calcio, posiblemente por la impresión comercial de los envases.

Por lo observado, se adoptó como permeabilidad al vapor de agua de la placa T-Plak, de forma conservadora, a la permeabilidad al vapor de agua de una capa de foil de aluminio de 8 μm según la norma IRAM 11601 ($\delta=0,0112 \text{ g/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{kPa}$).

Se estima que la permeabilidad de la placa es aún menor en el sentido de flujo analizado, ya que cuenta con numerosas láminas de aluminio (de espesores mayores a 8 μm) en el espesor total de 1 cm. Además, la placa contiene un 20% de polietileno que también es un material de permeabilidad muy baja (del orden de $10^{-2} \text{ g/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{kPa}$ en función al espesor de la lámina). Por último, no se observaron poros interconectados.

A los efectos de un análisis higrotérmico de cerramientos, el orden de la permeabilidad al vapor de agua del aluminio es suficiente para clasificar a la placa como una barrera de vapor, no siendo tan importante el valor exacto como lo sería para la industria del envasado de alimentos, por ejemplo.

5.4.2. Bloque 3c

El Bloque 3c es un material compuesto por polímeros que presentan bajas permeabilidades pero presenta una porosidad mayor al 90% y, lo que es más importante, dichos poros y/o canalículos de aire interconectados como consecuencia de su proceso de fabricación (prensado en frío).

Las láminas poliméricas se disponen de forma irregular con algunos puntos de contacto pero mayormente formando canalículos de diferentes dimensiones y direcciones. Esta macroestructura podría dificultar el paso del vapor de agua pero no impedirlo. En una primera instancia, hasta que los canalículos se encuentren saturados con vapor, la transmisión se retrasará. Luego, una vez saturados, la transmisión ocurrirá como si el aire contenido en los poros fuese el único material resistiéndose a su paso. Es decir, por ser los poros interconectados y no estancos, cualquier gas contenido en el aire puede recorrer un camino y atravesar el bloque.

De esta forma, se adoptó su permeabilidad al vapor de agua $\delta=0,626 \text{ g/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{kPa}$, que es la permeabilidad al vapor de agua del aire en reposo según la IRAM 11601.

5.4.3. Materiales sueltos

Tanto para el aserrín como la viruta y paja de trigo las porosidades son mayores al 90%. Por ser materiales sueltos sin compactación apreciable ocurre lo mismo que en el caso anterior: los poros se interconectan permitiendo el paso de vapor de agua. De esta forma, se adoptó también de forma conservadora la permeabilidad al vapor de agua del aire en reposo de $0,626 \text{ g/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{kPa}$.

6. Propuestas

6.1. 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 B.

En primera instancia, se optó por una doble capa de T-Plak con un material aislante intermedio, dado que la empresa que produce las placas recicladas ha realizado donaciones en especie a la fundación en el pasado.

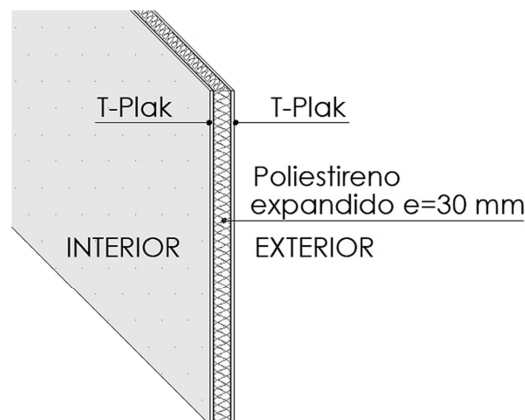


Ilustración 6.1 - Esquema de cerramiento vertical con doble T-Plak y EPS.

Se observó que, independientemente del aislante adoptado, había problemas de condensación intersticial. La curva roja representa la temperatura interior al cerramiento y la curva azul la temperatura de rocío en el interior del mismo.

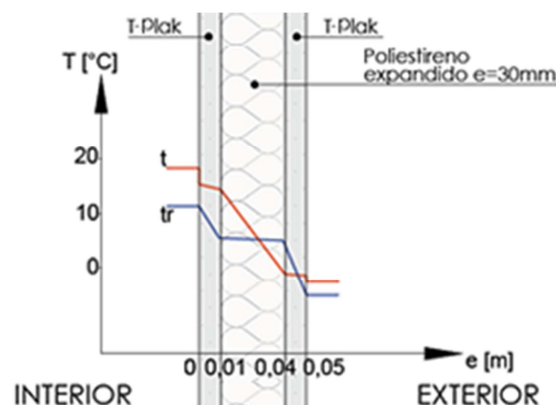


Ilustración 6.2 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del cerramiento vertical.



Esto ocurre dada la baja permeabilidad al vapor de agua de las placas: la caída de temperatura de rocío en el interior del cerramiento se divide en dos grandes saltos, generando una temperatura de rocío prácticamente constante en la capa de aislante. Esto, sumado a la caída de temperatura en dicha capa generada por el propio aislante, da como resultado que las curvas se toquen y, por ende, que exista riesgo de condensación intersticial. Esto ocurre porque la variación de la temperatura de rocío en el interior del cerramiento no depende del valor de permeabilidad al vapor de sus componentes sino de su permeabilidad “relativa” a la permeabilidad total del muro.

Por este motivo se adoptó una capa exterior de machimbre de 1/2” de espesor para suplantar la placa exterior de T-Plak. El machimbre es un material económico y tiene una permeabilidad al vapor de agua mayor, que es la característica buscada.

Por último, 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.

6.1.1. Materiales aislantes convencionales

Se analizaron dados sus excelentes propiedades aislantes, sus costos competitivos y su disponibilidad en todo el país.

6.1.1.1. Lana de vidrio

Se adoptó Rolac Plata Cubierta HR con barrera de vapor, de marca Isover, dado que ésta empresa ha realizado en ocasiones donaciones en especie a la organización. Se comercializa en espesores de 5, 8 y 10 cm.

El rollo tiene un ancho de 1,20 m y largo de 18,0 m (superficie total de 21,6 m²). Para un espesor de 5 cm, su costo por metro cuadrado es de \$182,13. Tiene una resistencia térmica de 1,2 m²·K/W y su barrera de vapor una permeabilidad al vapor de agua de 0,009375 g/m²·h·kPa.

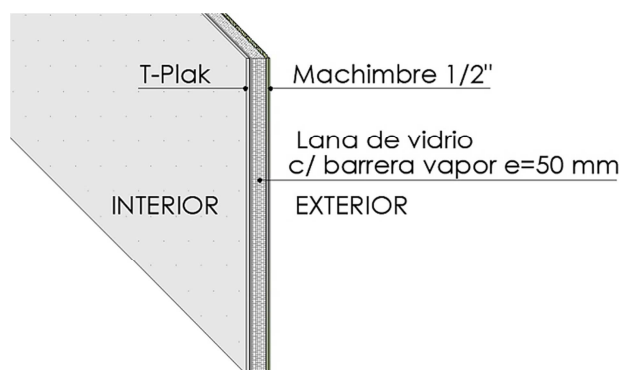


Ilustración 6.3 - Esquema del cerramiento vertical con Lana de vidrio 50 mm.

6.1.1.1.1. Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Capa del elemento constructivo	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Machimbre 1/2"	0,0127	0,16	0,079
Lana de vidrio	0,05	0,0417	1,200
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045
Resistencia superficial interior			0,13
TOTAL	0,07		1,49
Transmitancia térmica del componente [W/m ² ·K]			0,67
Transmitancia térmica máxima de invierno para nivel de confort B [W/m ² ·K]			0,94
Cumple con la IRAM 11605			SI
Transmitancia térmica máxima de verano para nivel de confort B [W/m ² ·K]			1,25
Cumple con la IRAM 11605			SI

Tabla 6.1 - Verificación de transmitancia térmica del cerramiento vertical con Lana de vidrio 50 mm.

6.1.1.1.2. Verificación de riesgo de condensación intersticial

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,13	16,24				1,3	11,2	5,04
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	15,63	0,0112	89,29		0,90	5,5	10,13
Barrera de vapor				15,63		106,67		0,42	-4,0	19,63
Lana de vidrio	0,05		1,200	-0,59				0,42	-4,0	3,41
Machimbre 1/2"	0,013	0,16	0,079	-1,66	0,034	0,37		0,42	-4,0	2,34
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		1,49	20,2		196,33		0,88		

Tabla 6.2 - Verificación del riesgo de condensación intersticial del cerramiento vertical con Lana de vidrio 50 mm.

La curva roja representa la temperatura interior al cerramiento y la curva azul la temperatura de rocío en el interior del mismo.

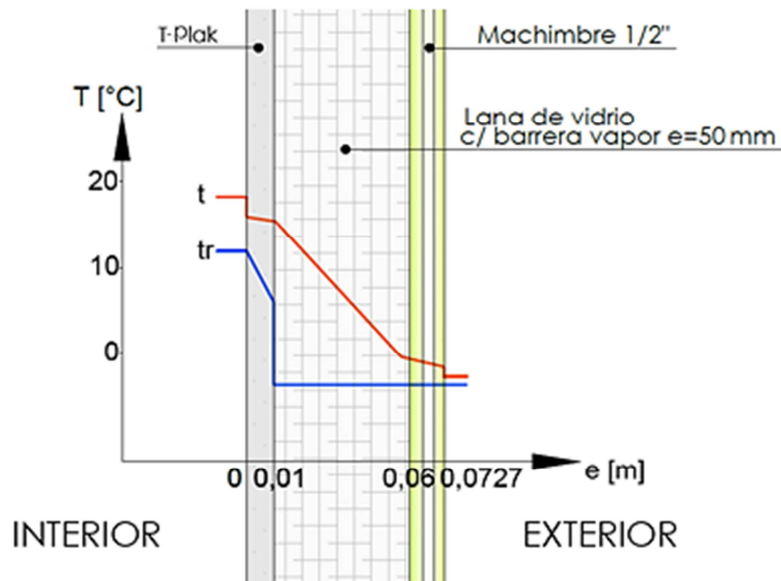


Ilustración 6.4 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del cerramiento vertical con Lana de vidrio 50 mm (condensación intersticial).

Dado que las curvas no se tocan o, lo que es lo mismo, que la temperatura de rocío es menor a la temperatura en todo el espesor del cerramiento, no existe riesgo de condensación intersticial.

6.1.1.1.3. Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,34	13,97				1,3	11,2	2,77
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	13,43	0,0112	89,29		0,90	5,5	7,93
Barrera de vapor				13,43		106,67		0,42	-4,0	17,43
Lana de vidrio	0,05		1,20	-0,79				0,42	-4,0	3,21
Machimbre 1/2"	0,013	0,16	0,079	-1,73	0,034	0,37		0,42	-4,0	2,27
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		1,70	20,2		196,33		0,88		

Tabla 6.3 - Verificación del riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso (muro con Lana de vidrio 50 mm).

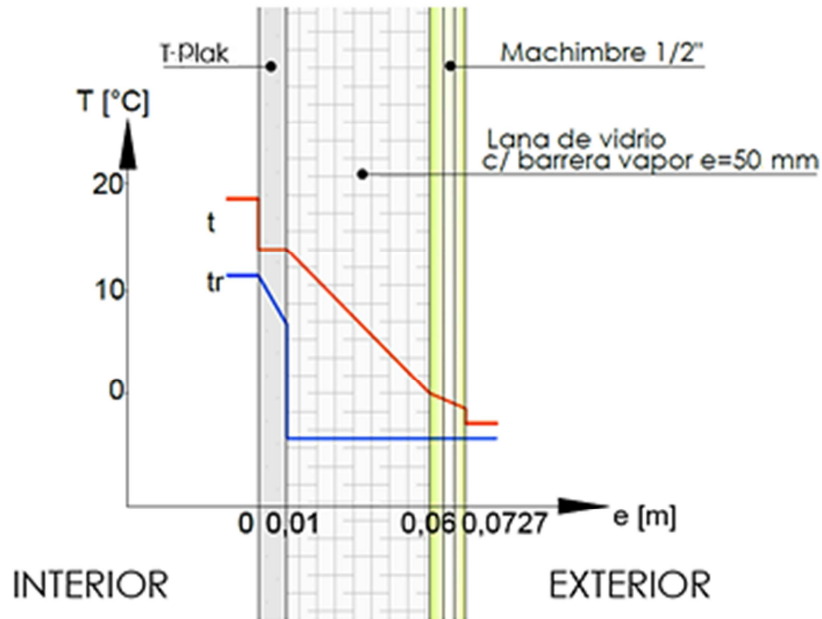


Ilustración 6.5 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del cerramiento vertical con Lana de vidrio 50 mm (condensación superficial).

Nuevamente, no existe riesgo de condensación superficial en el punto singular analizado.

La lana de vidrio en su espesor mínimo de 5 cm con barrera de vapor cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios, para poder obtener un nivel de confort B.

6.1.1.2. Poliestireno expandido

Se adoptó poliestireno expandido de densidad 15 kg/m^3 en placas de 30 mm de espesor. Dicho material se comercializa en placas de 1 m^2 con un costo de \$192,03. Tiene una conductividad de $0,037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ y una permeabilidad al vapor de agua de $0,023 \text{ g/m}\cdot\text{h}\cdot\text{kPa}$.

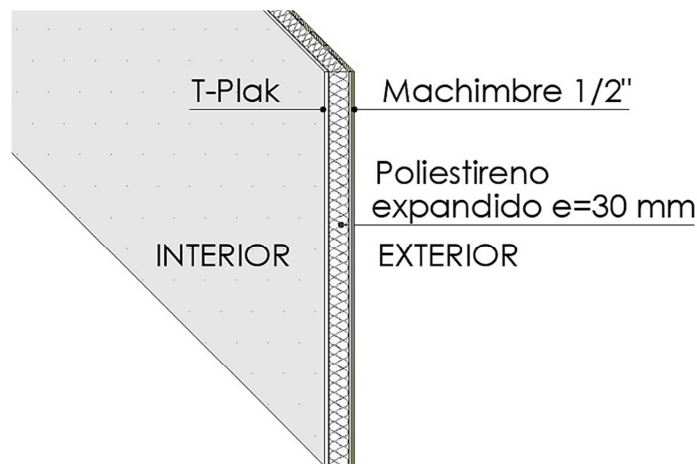


Ilustración 6.6 - Esquema del cerramiento vertical con EPS 30 mm.

6.1.1.2.1. Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Capa del elemento constructivo	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Machimbre 1/2"	0,0127	0,16	0,079
Poliestireno	0,03	0,037	0,811
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045
Resistencia superficial interior			0,13
TOTAL	0,05		1,11
Transmitancia térmica del componente [W/m ² ·K]			0,90
Transmitancia térmica máxima de invierno para nivel de confort B [W/m ² ·K]			0,94
Cumple con la IRAM 11605			SI
Transmitancia térmica máxima de verano para nivel de confort B [W/m ² ·K]			1,25
Cumple con la IRAM 11605			SI

Tabla 6.4 - Verificación de transmitancia térmica del cerramiento vertical con EPS 30 mm.

6.1.1.2.2. Verificación de riesgo de condensación intersticial

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,13	15,62				1,3	11,2	4,42
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	14,79	0,0112	89,29		0,44	-3,0	17,79
Poliestireno	0,03	0,037	0,811	-0,02	0,023	1,30		0,42	-4,0	3,98
Machimbre 1/2"	0,013	0,16	0,079	-1,47	0,034	0,37		0,42	-4,0	2,53
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		1,11	20,2		90,96		0,88		

Tabla 6.5 - Verificación del riesgo de condensación intersticial del cerramiento vertical con EPS 30 mm.

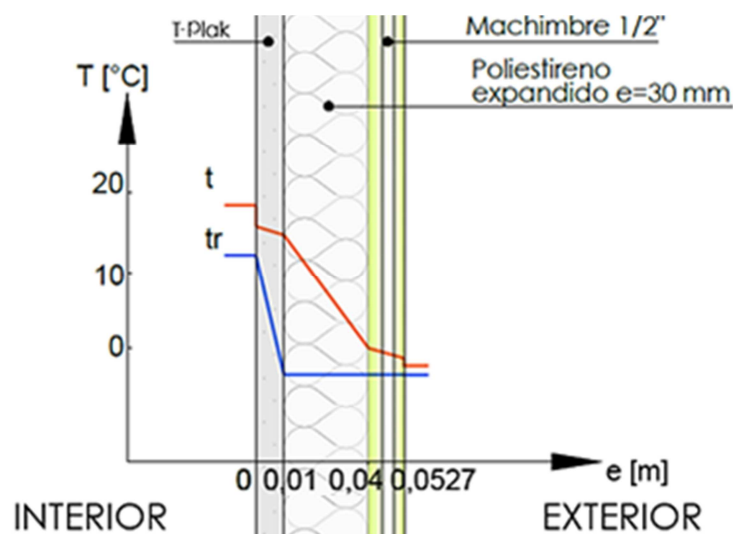


Ilustración 6.7 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del cerramiento vertical con EPS 30 mm (condensación intersticial).

Dado que las curvas no se tocan o, lo que es lo mismo, que la temperatura de rocío es menor a la temperatura en todo el espesor del cerramiento, no existe riesgo de condensación intersticial.

6.1.1.2.3. Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,34	12,78				1,3	11,2	1,58
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	12,08	0,0112	89,29		0,44	-3,0	15,08
Poliestireno	0,03	0,037	0,811	-0,37	0,023	1,30		0,42	-4,0	3,63
Machimbre 1/2"	0,013	0,16	0,079	-1,59	0,034	0,37		0,42	-4,0	2,41
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		1,32	20,2		90,96		0,88		

Tabla 6.6 - Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso (muro con EPS 30 mm).

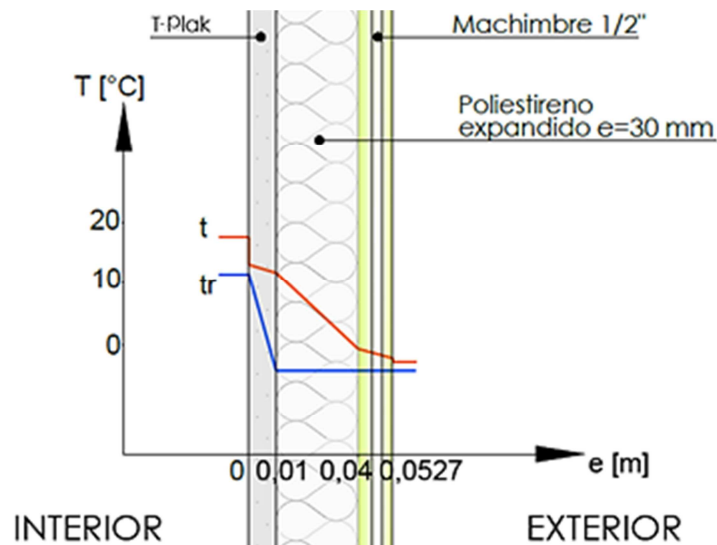


Ilustración 6.8 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del cerramiento vertical con EPS 30 mm (condensación superficial).

No existe riesgo de condensación superficial en el encuentro del muro con el piso. La temperatura superficial del cerramiento del lado interno es de 12,78 °C y la temperatura de rocío en el mismo punto de 11,2 °C.

El poliestireno expandido adoptado en su espesor mínimo de 3cm cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios, para poder obtener un nivel de confort B.

6.1.2. Bloque 3c

Como se explicó anteriormente, se produce en unidades de 18 cm de espesor y 30 por 60 cm de superficie. El costo de cada unidad es de \$93,21, por lo que el costo por metro cuadrado es de \$310,70.

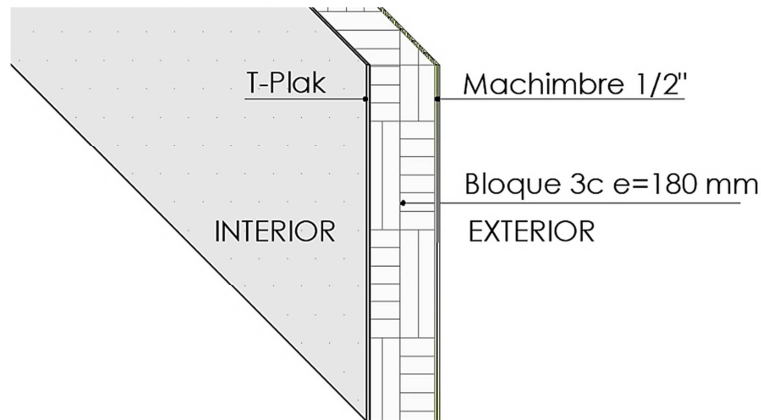


Ilustración 6.9 - Esquema del cerramiento vertical con Bloque 3c.

6.1.2.1. Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Capa del elemento constructivo	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Machimbre 1/2"	0,0127	0,16	0,079
Bloque 3c	0,20	0,23	0,850
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045
Resistencia superficial interior			0,13
TOTAL	0,22		1,14
Transmitancia térmica del componente [W/m ² ·K]			0,87
Transmitancia térmica máxima de invierno para nivel de confort B [W/m ² ·K]			0,94
Cumple con la IRAM 11605			SI
Transmitancia térmica máxima de verano para nivel de confort B [W/m ² ·K]			1,25
Cumple con la IRAM 11605			SI

Tabla 6.7 - Verificación de transmitancia térmica del cerramiento vertical con Bloque 3c.

6.1.2.2. Verificación de riesgo de condensación intersticial

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,13	15,71				1,3	11,2	4,51
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	14,90	0,0112	89,29		0,43	-4,0	18,90
Bloque 3c	0,196	0,23	0,850	-0,09	0,626	0,31		0,42	-4,0	3,91
Machimbre 1/2"	0,013	0,16	0,079	-1,49	0,034	0,37		0,42	-4,0	2,51
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		1,14	20,2		89,97		0,88		

Tabla 6.8 - Verificación del riesgo de condensación intersticial del cerramiento vertical con Bloque 3c.

No existe riesgo de condensación intersticial.

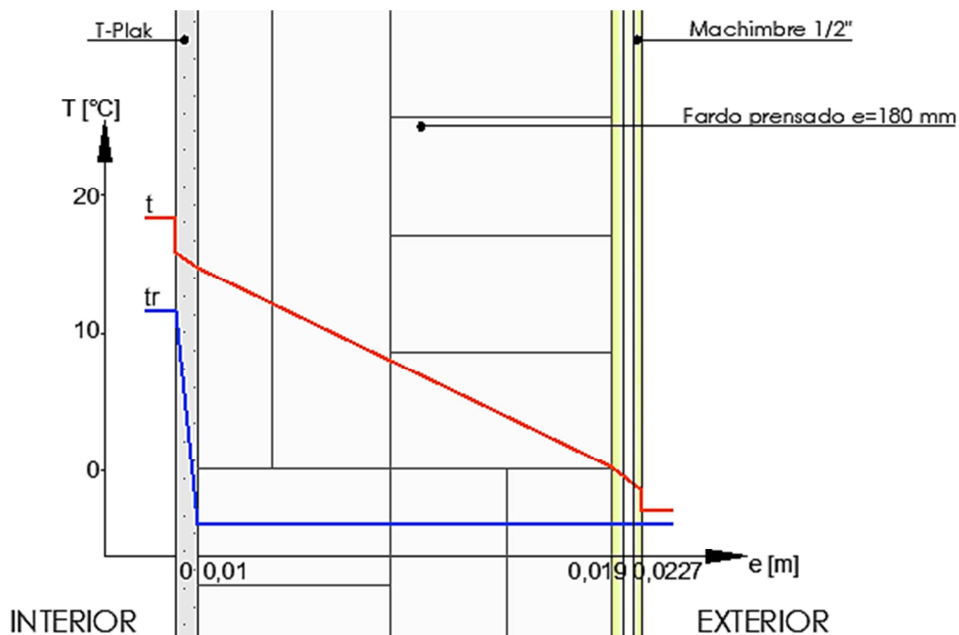


Ilustración 6.10 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del cerramiento vertical con Bloque 3c (condensación intersticial).

Dado que las curvas no se tocan o, lo que es lo mismo, que la temperatura de rocío es menor a la temperatura en todo el espesor del cerramiento, no existe riesgo de condensación intersticial.

6.1.2.3. Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,34	12,93				1,3	11,2	1,73
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	12,25	0,0112	89,29		0,43	-4,0	16,25
Bloque 3c	0,196	0,23	0,850	-0,42	0,626	0,31		0,42	-4,0	3,58
Machimbre 1/2"	0,013	0,16	0,079	-1,60	0,034	0,37		0,42	-4,0	2,40
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		1,35	20,2		89,97		0,88		

Tabla 6.9 - Verificación del riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso (muro con Bloque 3c).

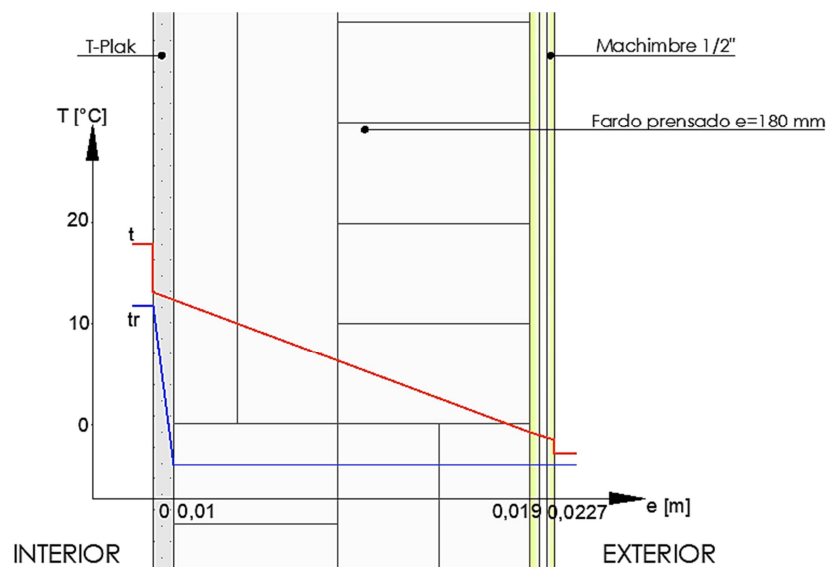


Ilustración 6.11 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del cerramiento vertical con Bloque 3c (condensación superficial).

No existe riesgo de condensación superficial en dicho punto singular. Como muestra la tabla, la temperatura superficial interior del cerramiento es de 12,93 °C mientras que la temperatura de rocío en dicho punto es de 11,2 °C. La diferencia entre ambas es menor a la unidad (0,44 °C).

El Bloque 3c en su espesor de 19,55 cm cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios, para poder obtener para nivel de confort B.

6.1.3. Materiales sueltos

6.1.3.1. Paja de trigo

Para la verificación de la situación más crítica (condensación superficial en encuentro muro piso), el espesor de material requerido es de 6 cm. El material se comercializa en fardos de diferentes dimensiones cuyo costo por kg es de \$39,47. Para el espesor y densidad requeridos, se deben utilizar 1,54 kg por metro cuadrado que tiene un valor de \$60,62.

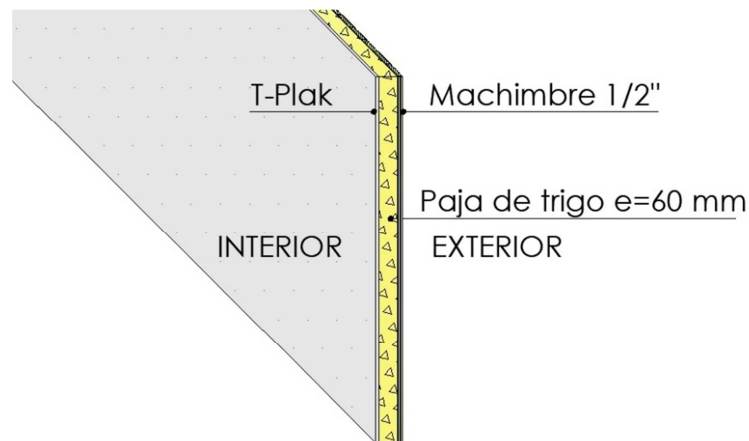


Ilustración 6.12 - Esquema del cerramiento vertical con paja de trigo 60 mm.

6.1.3.1.1. Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Capa del elemento constructivo	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Machimbre 1/2"	0,0127	0,16	0,079
Paja de trigo	0,06	0,07	0,857
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045
Resistencia superficial interior			0,13
TOTAL	0,08		1,15
Transmitancia térmica del componente [W/m ² ·K]			0,87
Transmitancia térmica máxima de invierno para nivel de confort B [W/m ² ·K]			0,94
Cumple con la IRAM 11605			SI
Transmitancia térmica máxima de verano para nivel de confort B [W/m ² ·K]			1,25
Cumple con la IRAM 11605			SI

Tabla 6.10 - Verificación de transmitancia térmica del cerramiento vertical con paja de trigo 60 mm.

6.1.3.1.2. Verificación de riesgo de condensación intersticial

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,13	15,72				1,3	11,2	4,52
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	14,92	0,0112	89,29		0,42	-4,0	18,92
Paja de trigo	0,06	0,07	0,857	-0,11	0,626	0,10		0,42	-4,0	3,89
Machimbre 1/2"	0,013	0,16	0,079	-1,50	0,034	0,37		0,42	-4,0	2,50
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		1,15	20,2		89,76		0,88		

Tabla 6.11 - Verificación del riesgo de condensación intersticial del cerramiento vertical con paja de trigo 60 mm.

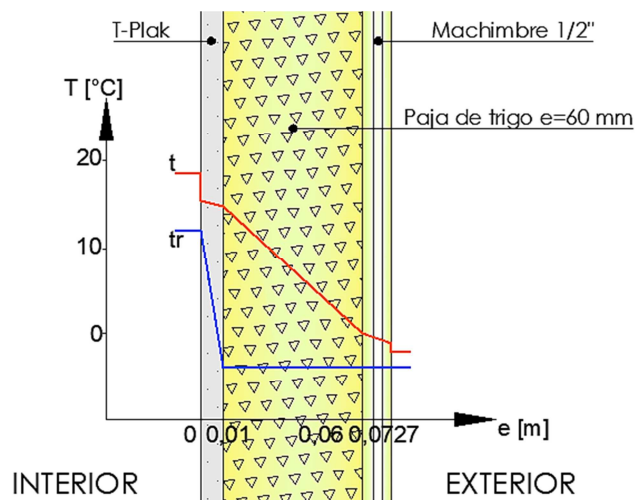


Ilustración 6.13 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del cerramiento vertical con paja de trigo 60 mm (condensación intersticial).

Dado que las curvas no se tocan o, lo que es lo mismo, que la temperatura de rocío es menor a la temperatura en todo el espesor del cerramiento, no existe riesgo de condensación intersticial.

6.1.3.1.3. Verificación de riesgo de condensación superficial encuentro muro piso

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,34	12,96				1,3	11,2	1,76
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	12,28	0,0112	89,29		0,42	-4,0	16,28
Paja de trigo	0,06	0,07	0,857	-0,43	0,626	0,10		0,42	-4,0	3,57
Machimbres 1/2"	0,013	0,16	0,079	-1,61	0,034	0,37		0,42	-4,0	2,39
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		1,36	20,2		89,76		0,88		

Tabla 6.12 - Verificación del riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso (muro con paja de trigo 60 mm).

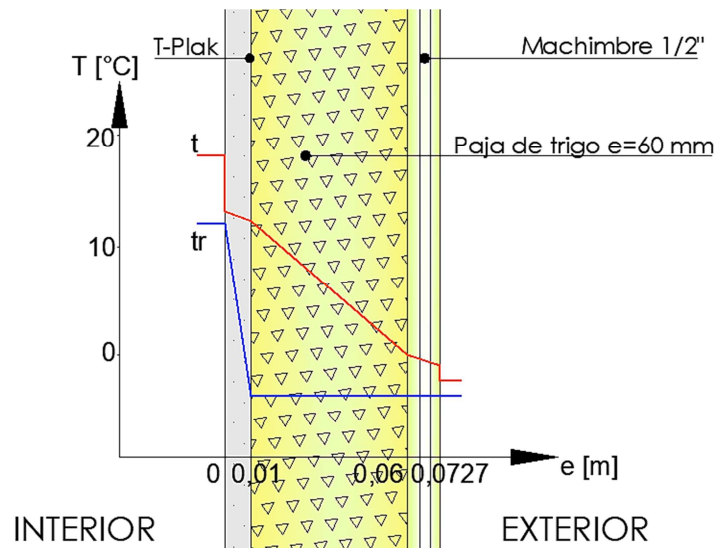


Ilustración 6.14 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del cerramiento vertical con paja de trigo 60 mm (condensación superficial).

La temperatura superficial del cerramiento en la cara interna es de 12,96 °C y la temperatura de rocío en el mismo punto de 11,2 °C, no existe riesgo de condensación superficial en el encuentro muro piso.

La paja de trigo suelta adoptada en su espesor de 6 cm cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios, para poder obtener para nivel de confort B.

6.1.3.2. Viruta

Para la verificación de la situación más crítica (condensación superficial en encuentro muro piso), el espesor de material requerido es de 5 cm. El costo por kg del material es de \$11,47. Para el espesor y la densidad requerida se deben colocar 5,16 kg por metro cuadrado, por lo que el costo por metro cuadrado es de \$58,86.

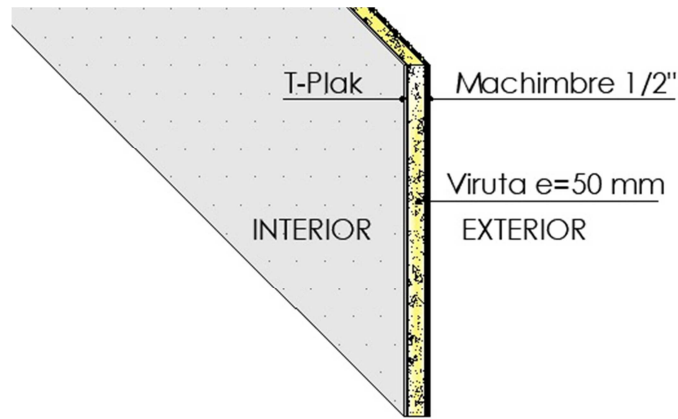


Ilustración 6.15 - Esquema del cerramiento vertical con viruta 50 mm.

6.1.3.2.1. Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Capa del elemento constructivo	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Machimbre 1/2"	0,0127	0,16	0,079
Viruta	0,05	0,06	0,833
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045
Resistencia superficial interior			0,13
TOTAL	0,07		1,13
Transmitancia térmica del componente [W/m ² ·K]			0,89
Transmitancia térmica máxima de invierno para nivel de confort B [W/m ² ·K]			0,94
Cumple con la IRAM 11605			SI
Transmitancia térmica máxima de verano para nivel de confort B [W/m ² ·K]			1,25
Cumple con la IRAM 11605			SI

Tabla 6.13 - Verificación de transmitancia térmica del cerramiento vertical con viruta 50 mm.

6.1.3.2.2. Verificación de riesgo de condensación intersticial

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R_v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,13	15,67				1,3	11,2	4,47
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	14,86	0,0112	89,29		0,42	-4,0	18,86
Viruta	0,05	0,06	0,833	-0,06	0,626	0,08		0,42	-4,0	3,94
Machimbre 1/2"	0,013	0,16	0,079	-1,48	0,034	0,37		0,42	-4,0	2,52
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		1,13	20,2		89,74		0,88		

Tabla 6.14 - Verificación del riesgo de condensación intersticial del cerramiento vertical con viruta 50 mm.

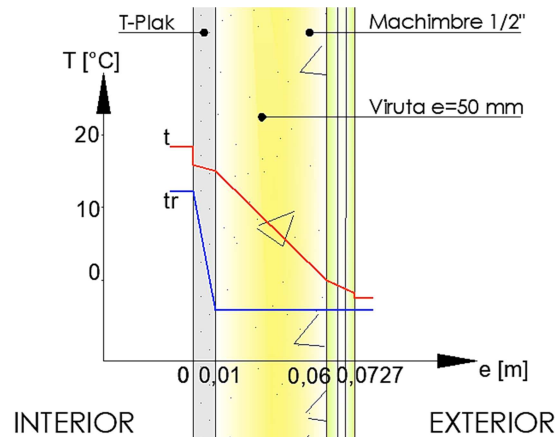


Ilustración 6.16 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del cerramiento vertical con viruta 50 mm (condensación intersticial).

Dado que las curvas no se tocan o, lo que es lo mismo, que la temperatura de rocío es menor a la temperatura en todo el espesor del cerramiento, no existe riesgo de condensación intersticial.

6.1.3.2.3. Verificación de riesgo de condensación superficial encuentro muro piso

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,34	12,87				1,3	11,2	1,67
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	12,18	0,0112	89,29		0,42	-4,0	16,18
Viruta	0,05	0,06	0,833	-0,40	0,626	0,08		0,42	-4,0	3,60
Machimbre 1/2"	0,013	0,16	0,079	-1,60	0,034	0,37		0,42	-4,0	2,40
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		1,34	20,2		89,74		0,88		

Tabla 6.15 - Verificación del riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso (muro con viruta 50 mm).

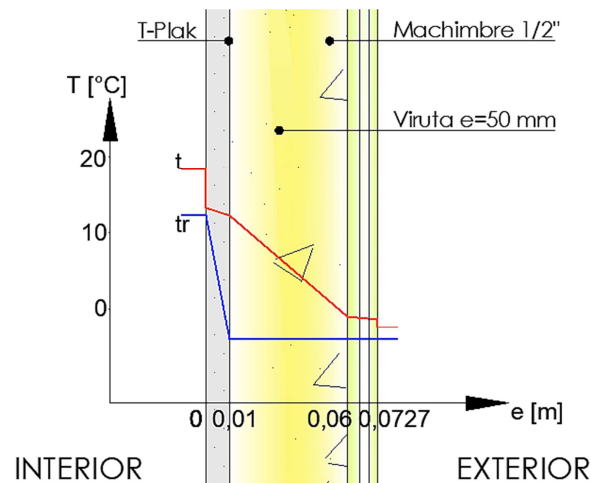


Ilustración 6.17 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del cerramiento vertical con viruta 50 mm (condensación superficial).

La temperatura superficial del cerramiento en la cada interna es de 12,87 °C y la temperatura de rocío en el mismo punto de 11,2 °C, no existe riesgo de condensación superficial en el encuentro muro piso.

La viruta suelta adoptada en su espesor de 5 cm cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios, para poder obtener para nivel de confort B.

6.1.3.3. Aserrín

Para la verificación de la situación más crítica (condensación superficial en encuentro muro piso), el espesor de material requerido es de 4 cm. Su costo por kg es de \$11,17. Para el espesor y la densidad requerida, es necesario colocar 4,10 kg por metro cuadrado, cuyo costo es de \$45,79.

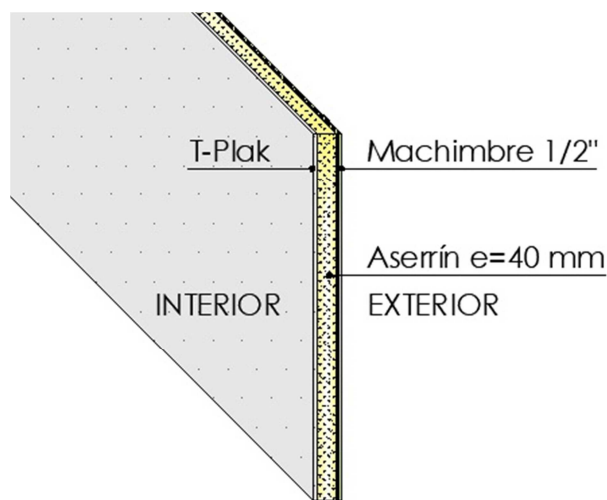


Ilustración 6.18 - Esquema del cerramiento vertical con aserrín 40 mm.

6.1.3.3.1. Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Capa del elemento constructivo	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Machimbre 1/2"	0,0127	0,16	0,079
Aserrín	0,04	0,05	0,800
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045
Resistencia superficial interior			0,13
TOTAL	0,06		1,09
Transmitancia térmica del componente [W/m ² ·K]			0,91
Transmitancia térmica máxima de invierno para nivel de confort B [W/m ² ·K]			0,94
Cumple con la IRAM 11605			SI
Transmitancia térmica máxima de verano para nivel de confort B [W/m ² ·K]			1,25
Cumple con la IRAM 11605			SI

Tabla 6.16 - Verificación de transmitancia térmica del cerramiento vertical con aserrín 40 mm.

6.1.3.3.2. Verificación de riesgo de condensación intersticial

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,13	15,60				1,3	11,2	4,40
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	14,76	0,0112	89,29		0,42	-4,0	18,76
Aserrín	0,04	0,05	0,800	0,00	0,626	0,06		0,42	-4,0	4,00
Machimbres 1/2"	0,013	0,16	0,079	-1,46	0,034	0,37		0,42	-4,0	2,54
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		1,09	20,2		89,72		0,88		

Tabla 6.17 - Verificación del riesgo de condensación intersticial del cerramiento vertical con aserrín 40 mm.

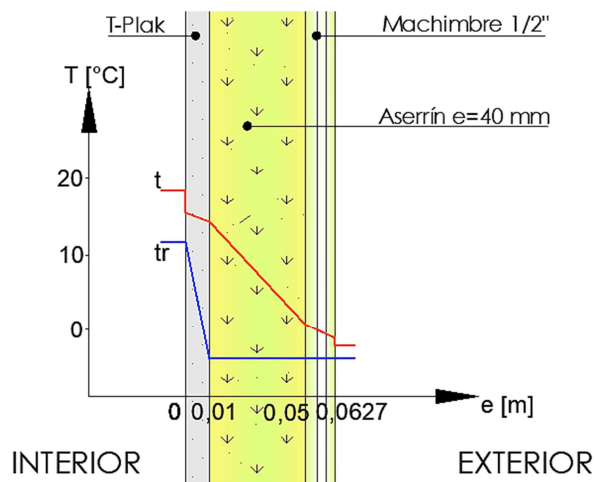


Ilustración 6.19 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del cerramiento vertical con aserrín 40 mm (condensación intersticial).

Dado que las curvas no se tocan o, lo que es lo mismo, que la temperatura de rocío es menor a la temperatura en todo el espesor del cerramiento, no existe riesgo de condensación intersticial.

6.1.3.3.3. Verificación de riesgo de condensación superficial encuentro muro piso

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,34	12,74				1,3	11,2	1,54
Placa T-Plak	0,01	0,22	0,045	12,03	0,0112	89,29		0,42	-4,0	16,03
Aserrín	0,04	0,05	0,800	-0,35	0,626	0,06		0,42	-4,0	3,65
Machimbres 1/2"	0,013	0,16	0,079	-1,58	0,034	0,37		0,42	-4,0	2,42
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		1,30	20,2		89,72		0,88		

Tabla 6.18 - Verificación del riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso (muro con aserrín 40 mm).

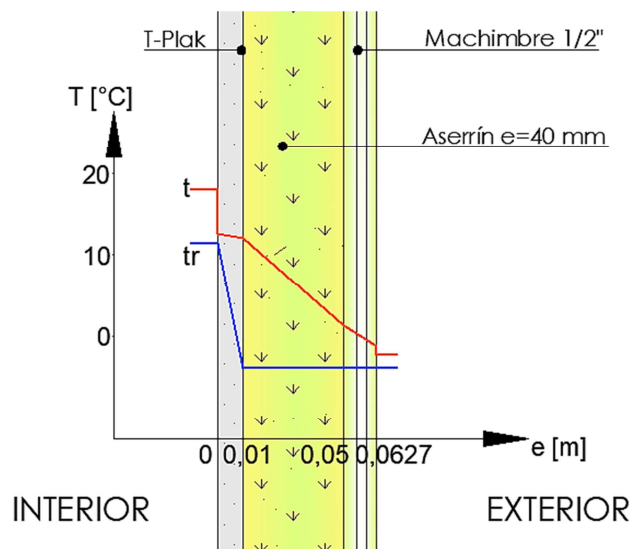


Ilustración 6.20 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor del cerramiento vertical con aserrín 40 mm (condensación superficial).

La temperatura superficial del cerramiento en la cara interna es de 12,74 °C y la temperatura de rocío en el mismo punto de 11,2 °C, no existe riesgo de condensación superficial en el encuentro muro piso.

La viruta suelta adoptada en su espesor de 5 cm cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios, para poder obtener para nivel de confort B.

6.2. Cerramientos horizontales

6.2.1. Cubierta

La cubierta en su estado original cumple los requisitos de las IRAM de confort higrotérmico para nivel de confort C. Si la lana de vidrio utilizada, de 5 cm de

espesor, se reemplaza por una de 8 cm de espesor, la cubierta cumple dichos requisitos para nivel de confort B.

Se comercializa en rollos de 14,4 m². Para un espesor de 8 cm, su costo por metro cuadrado es de \$248,70. Tiene una resistencia térmica de 1,9 m²·K/W y su barrera de vapor una permeabilidad al vapor de agua de 0,009375 g/m²·h·kPa.

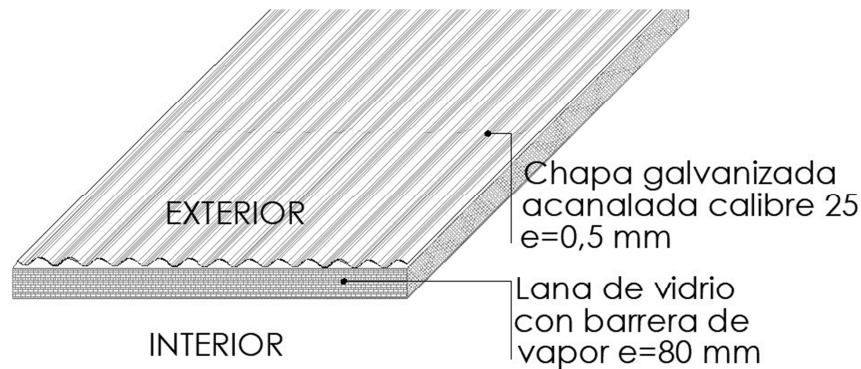


Ilustración 6.21 - Esquema de la cubierta con Lana de vidrio 8 cm.

6.2.1.1. Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Flujo de calor ascendente (invierno)			
Capa del elemento constructivo	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Chapa	0,0005	58	0,000
Lana de vidrio	0,08		1,2
Resistencia superficial interior			0,1
TOTAL	0,00		1,34
Transmitancia térmica del componente [W/m ² ·K]			0,75
Transmitancia térmica máxima para nivel de confort B [W/m ² ·K]			0,77
Cumple con la IRAM 11605			SI

Tabla 6.19 - Verificación de transmitancia térmica de la cubierta con Lana de vidrio 8 cm para invierno.

Flujo de calor descendente (verano)			
Capa del elemento constructivo	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Resistencia superficial exterior			0,04
Chapa	0,0005	58	0,000
Lana de vidrio	0,08		1,9
Resistencia superficial interior			0,17
TOTAL	0,08		2,11
Transmitancia térmica del componente [W/m ² ·K]			0,47
Transmitancia térmica máxima para nivel de confort B [W/m ² ·K]			0,48
Cumple con la IRAM 11605			SI

Tabla 6.20 - Verificación de transmitancia térmica de la cubierta con Lana de vidrio 8 cm para verano.

6.2.1.2. Verificación de riesgo de condensación intersticial

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,1	17,01				1,3	11,2	5,81
Barrera de vapor				17,01		106,67		0,42	-4,0	21,01
Lana de vidrio	0,08		1,900	-1,80				0,42	-4,0	2,20
Chapa	5E-04	58	0,000	-1,80	0,034	0,01		0,42	-4,0	2,20
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		2,04	20,2		106,68		0,88		

Tabla 6.21 - Verificación del riesgo de condensación intersticial de la cubierta con Lana de vidrio 8 cm.

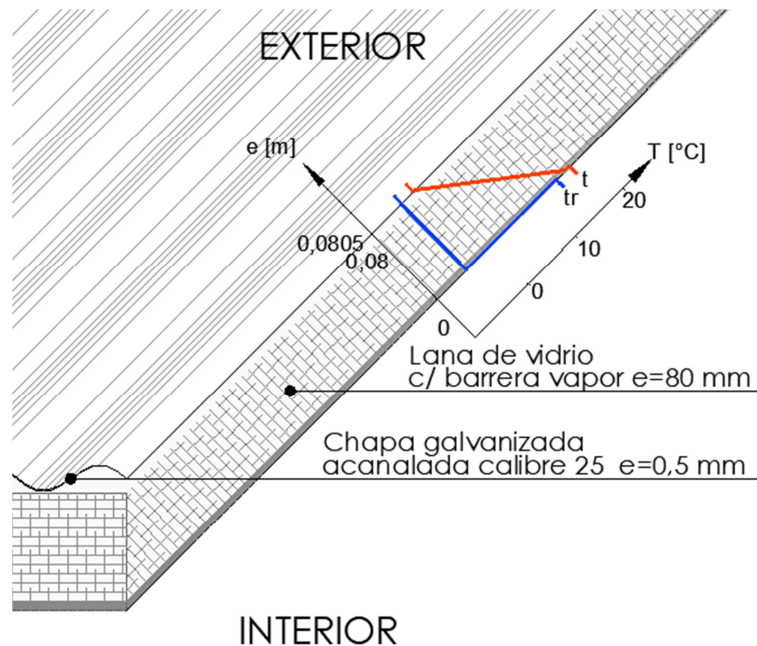


Ilustración 6.22 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor de la cubierta con Lana de vidrio 80 mm (condensación intersticial).

No existe riesgo de condensación intersticial. Dado que la temperatura del cerramiento es menor que la temperatura de rocío en todo el espesor del cerramiento, no existe riesgo de condensación intersticial.

6.2.1.3. Verificación de riesgo de condensación superficial encuentro muro cubierta

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,25	15,69				1,3	11,2	4,49
Barrera de vapor				15,69		106,67		0,42	-4,0	19,69
Lana de vidrio	0,08		1,900	-1,83				0,42	-4,0	2,17
Chapa	5E-04	58	0,000	-1,83	0,034	0,01		0,42	-4,0	2,17
Resistencia superficial exterior			0,04	-2,20				0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		2,19	20,2		106,68		0,88		

Tabla 6.22 - Verificación del riesgo de condensación superficial en encuentro muro cubierta (cubierta con Lana de vidrio 8 cm).

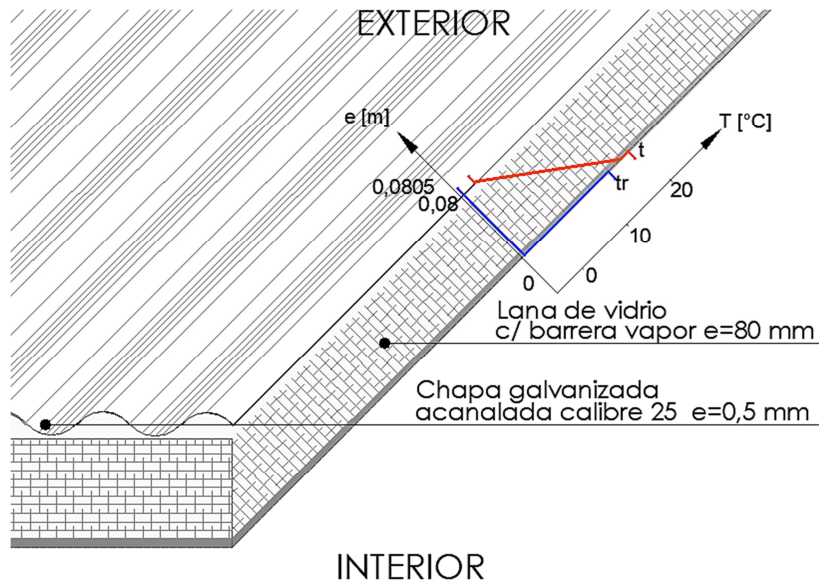


Ilustración 6.23 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor de la cubierta con Lana de vidrio 80 mm (condensación superficial).

La temperatura superficial del cerramiento del lado interno es de 15,69 °C y la temperatura de rocío en el mismo punto de 11,5 °C, no existe riesgo de condensación superficial en el encuentro muro cubierta. Asimismo, verificando la condensación superficial es que corroboramos que no existe condensación intersticial en la cubierta.

La lana de vidrio con barrera de vapor de espesor de 8 cm cumple todas las verificaciones según las normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios, para poder obtener para nivel de confort B.

6.2.2. Piso

La propuesta realizada consiste en generar una cámara de aire estanca entre el suelo y el piso de la vivienda. Para ello, se consideró nuevamente machimbre de $\frac{1}{2}$ " de espesor para cerrar dicho espacio.

Una alternativa a la propuesta planteada es la de rellenar el espacio entre el suelo y el piso con algún relleno con buenas propiedades térmicas (baja conductividad). La ventaja de esta alternativa sería garantizar que no haya corrientes convectivas en el interior de la cámara de aire en caso de que la misma no sea del todo estanca. Por otro lado, cualquier material que se proponga tendrá costos mayores, por lo que esta alternativa se descartó.

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 para nivel de confort B.

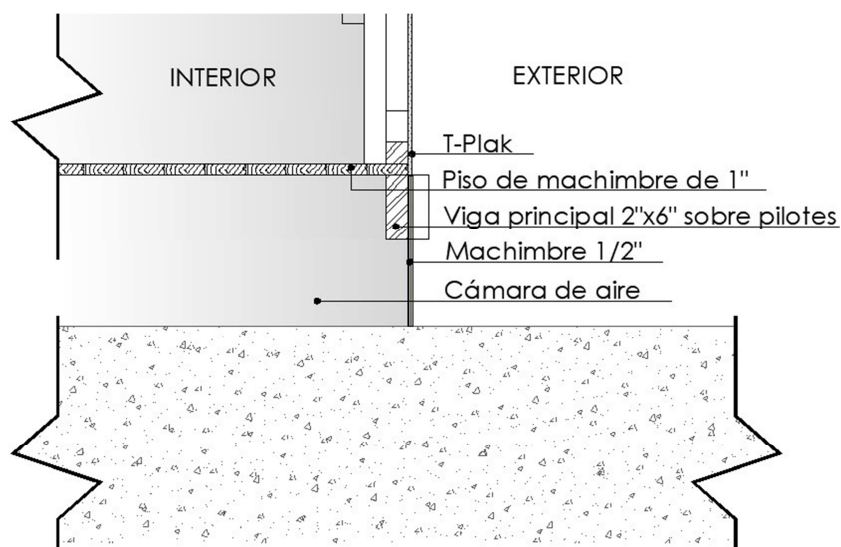


Ilustración 6.24 - Esquema del piso con machimbre de $\frac{1}{2}$ ".

6.2.2.1. Cálculo y verificación de transmitancia térmica

Flujo de calor descendente (invierno)			
Capa del elemento constructivo	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Madera	0,0254	0,16	0,159
Cámara de aire	0,15	0,0250	6,000
Resistencia superficial interior			0,17
TOTAL	0,18		6,33
Transmitancia térmica del componente [W/m ² ·K]			0,16
Transmitancia térmica máxima para nivel de confort B [W/m ² ·K]			0,47
Cumple con la IRAM 11605			SI

Tabla 6.23 - Verificación de transmitancia térmica del piso con machimbre $\frac{1}{2}$ " para invierno.

Flujo de calor ascendente (verano)			
Capa del elemento constructivo	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Madera	0,0254	0,16	0,159
Cámara de aire	0,15	0,025	6,0
Resistencia superficial interior			0,1
TOTAL	0,18		6,26
Transmitancia térmica del componente [W/m ² ·K]			0,16
Transmitancia térmica máxima para nivel de confort B [W/m ² ·K]			0,77
Cumple con la IRAM 11605			SI

Tabla 6.24 - Verificación de transmitancia térmica del piso con machimbre ½" para verano.

6.2.2.2. Verificación de riesgo de condensación intersticial

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,17	17,46				1,3	11,2	6,26
Madera	0,025	0,16	0,159	16,95	0,034	0,75		0,63	0,5	16,45
Cámara de aire	0,15	0,025	6,00	-2,20	0,626	0,24		0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		6,33	20,2		0,99		0,88		

Tabla 6.25 - Verificación del riesgo de condensación intersticial del piso con machimbre ½".

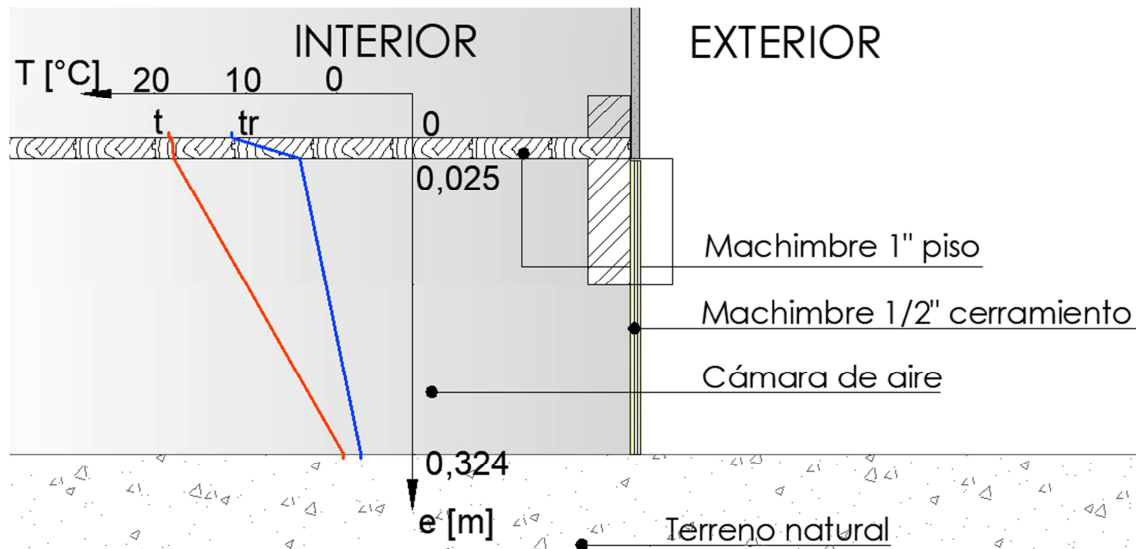


Ilustración 6.25 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor de la cámara de aire formada con machimbre de ½" (condensación intersticial).

No existe riesgo de condensación intersticial. Dado que la temperatura del cerramiento es menor que la temperatura de rocío en todo el espesor del cerramiento, no existe riesgo de condensación intersticial.

6.2.2.3. Verificación riesgo de condensación superficial encuentro muro piso

Capa	e [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	t [°C]	δ [g/m·h·kPa]	R _v [m ² ·h·kPa/g]	HR [%]	P [kPa]	t _r [°C]	Δ_T [°C]
Aire interior				18			66	1,3	11,2	6,80
Resistencia superficial interior			0,34	16,94				1,3	11,2	5,74
Madera	0,025	0,16	0,159	16,45	0,034	0,75		0,63	0,5	15,95
Cámara de aire	0,15	0,025	6,00	-2,20	0,626	0,24		0,42	-4,0	1,80
Aire exterior				-2,20			90	0,42	-4,0	1,80
Total	0,01		6,50	20,2		0,99		0,88		

Tabla 6.26 - Verificación de riesgo de condensación superficial en encuentro muro piso (piso con machimbre ½").

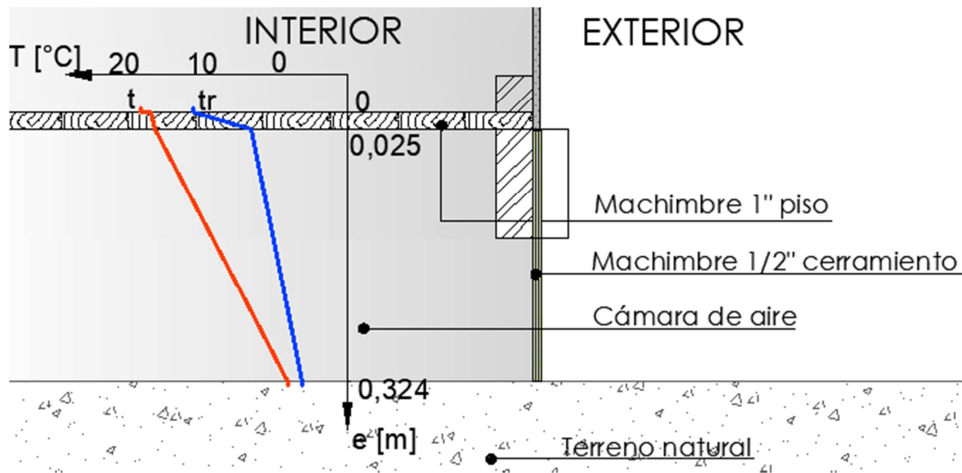


Ilustración 6.26 - Variaciones de temperatura y temperatura de rocío en el espesor de la cámara de aire formada con machimbre de ½" (condensación superficial).

La temperatura superficial del cerramiento es de 16,94 °C y la temperatura de rocío en el mismo punto de 11,5 °C por lo que no existe riesgo de condensación superficial en el encuentro muro piso.

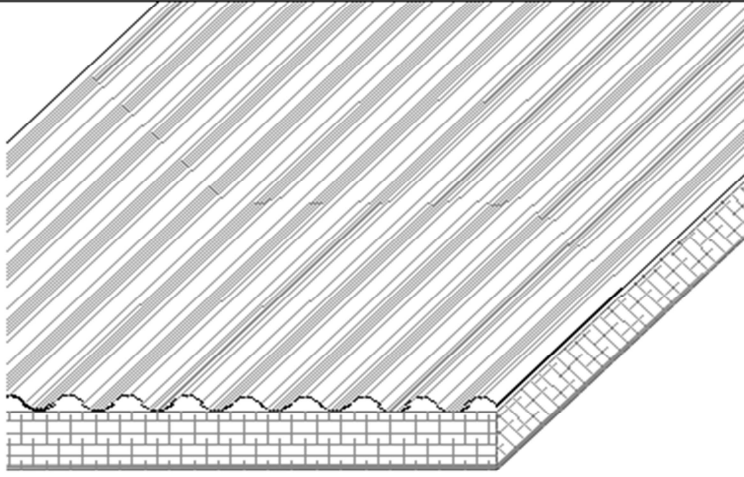
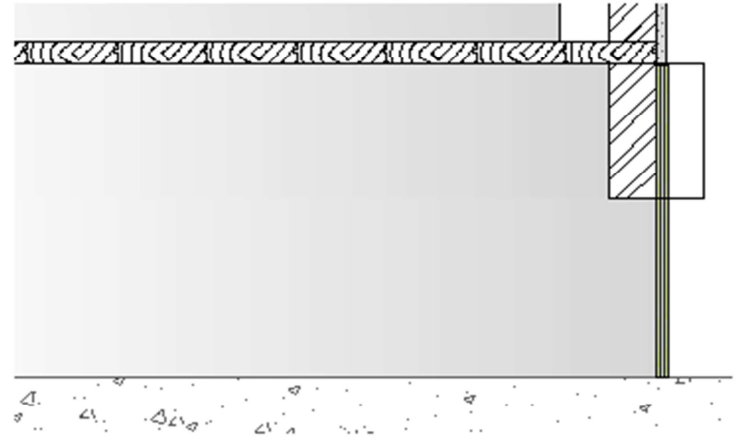
Propuestas cerramientos verticales	Lana de vidrio 50 mm	Aserín 4 cm	Propuestas cerramientos horizontales	Cubierta
	EPS 30 mm	Viruta 50 mm		
	Bloque 3c	Paja de trigo 60 mm		
				

Tabla 6.27 - Tabla resumen de propuestas.

7. Análisis de costos

Los costos expresados en esta sección corresponden al mes de octubre del año 2019. Se analizaron únicamente costos de materiales y se excluyeron costos de mano de obra y/o herramientas.

7.1. Vivienda Semilla

7.1.1. Costos de construcción

El costo total de la vivienda Semilla es de \$101.343,00 (año 2019). Dicho costo incluye materiales y costos indirectos relacionados a la logística de la construcción. La mano de obra no tiene costo ya que la construcción es llevada a cabo por voluntarios.

La vivienda tipo se consideró de 3 módulos, donde cada uno tiene una superficie de 6,15 m². De esta forma, la superficie total de la vivienda es de 18,45 m². El costo por metro cuadrado es entonces de \$5.492,85.

7.1.2. Costos de calefacción

En primer lugar, se determinaron las pérdidas de calor de la vivienda tipo, en su estado original. Las pérdidas por transmisión son:

	K [W/m ² ·K]	Superficie [m ²]	Δt [K]	Pérdidas [W]	Pérdidas [kcal/h]
Muros	4,64	37,71	10,8	1889,72	1624,87
Piso	2,71	18,45		539,99	464,31
Techo	0,73	18,49		145,78	125,34
Ventanas	5,46	3,078		181,50	156,06
Puerta	3,62	1,712		66,93	57,55
Total				2428,14	2028,14

Tabla 7.1 - Cálculo de pérdidas de calor de los cerramientos de la vivienda original.

Donde se consideró la temperatura exterior de 7,2 °C, que es la temperatura mínima media mensual para la época invernal según la norma IRAM 11603.

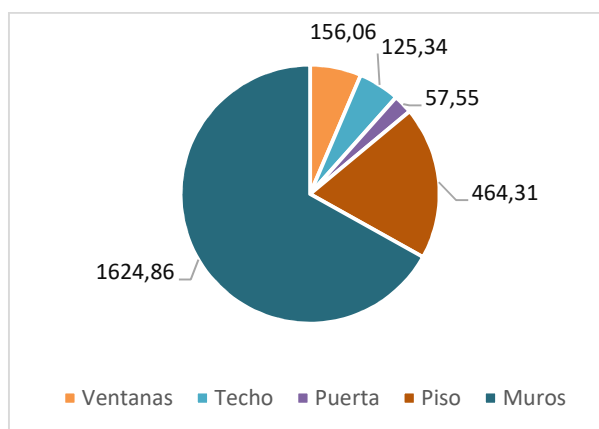


Gráfico 7.1 - Pérdidas de calor de los cerramientos de la vivienda tipo.

Evaluación de materiales aislantes de bajo costo en la optimización energética del cerramiento de la vivienda Semilla de la organización TECHO en el partido de Moreno, provincia de Buenos Aires.

Como se puede observar, las mayores pérdidas se producen a través de los muros. Esto ocurre por la combinación de una gran superficie y una excesiva transmitancia térmica. Además, a través de las aberturas se pierden 213,61 kcal/h, flujo mayor al que ocurre a través de la cubierta (con una superficie de cubierta más de 5 veces mayor a la superficie de aberturas).

Luego, las pérdidas por orientación se obtuvieron con las pérdidas por transmisión y los siguientes factores de ponderación

Norte	0%
Oeste	10%
Sur	20%
Este	5%

Tabla 7.2 - Coeficientes de ponderación utilizados en el cálculo de pérdidas de calor por orientación.

De esta forma

	Pérdidas por transmisión [kcal/h]	Pérdidas por orientación [kcal/h]
Muro SO	611,44	91,72
Muro SE	243,88	30,49
Muro NO	739,28	36,96
Muro NE	243,88	6,10
Total		165,26

Tabla 7.3 - Cálculo de pérdidas de calor por orientación de la vivienda original.

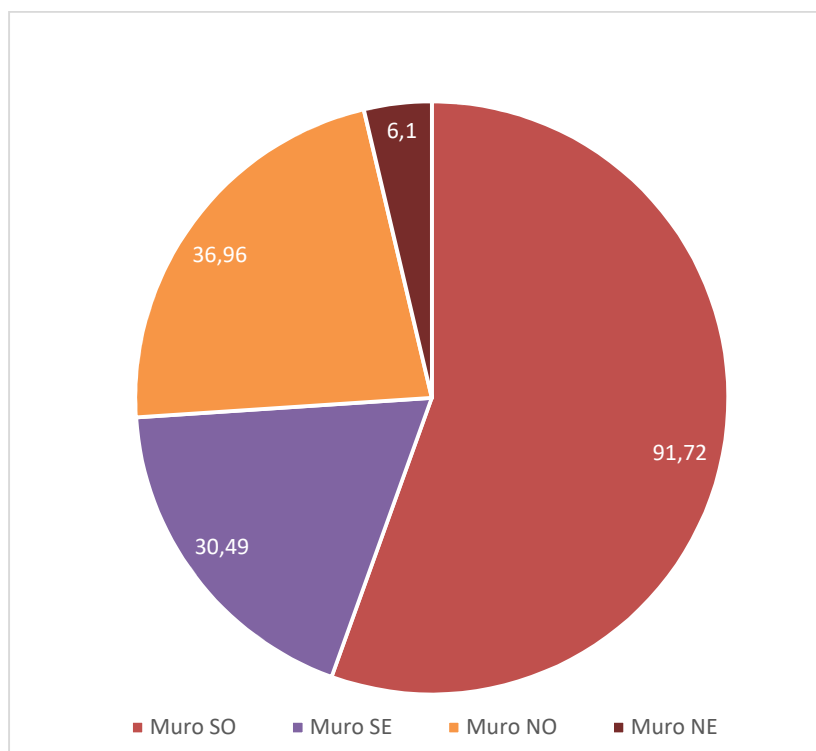


Gráfico 7.2 – Pérdidas de calor por orientación de la vivienda original.

Evaluación de materiales aislantes de bajo costo en la optimización energética del cerramiento de la vivienda Semilla de la organización TECHO en el partido de Moreno, provincia de Buenos Aires.

Las mayores pérdidas ocurren a través del muro con orientación SO. Estas pérdidas representan el 55,5% del total de las pérdidas por orientación.

Luego, con la adición de las pérdidas por transmisión y las pérdidas por orientación se obtuvo una pérdida de calor total de 2593,40 kcal/h.

Para calefacción, se consideró el uso de gas butano envasado. Este fluido tiene un poder calorífico de 12300 kcal/kg. Además, su costo en garrafa de 10 kg es de \$349,23. De esta forma

Costos mensuales de calefacción			
Pérdidas totales [kcal/h]	Pérdidas por mes [kcal/mes]	Consumo de gas [kg/mes]	\$/mes
2593,40	1867251,09	151,81	5301,63

Tabla 7.4 - Cálculo del costo mensual de calefacción de la vivienda original.

El costo mensual calculado es el costo requerido para mantener en la vivienda una temperatura interior de 18 °C.

El cálculo se realizó con una diferencia de temperatura interior exterior (Δt) constante para todo el mes, que no es real. Por este motivo, los costos reales de calefacción pueden ser menores. Esta estimación de costos de calefacción tiene como objetivo comparar el rendimiento de los cerramientos de la vivienda original y los cerramientos propuestos, no se buscó determinar los gastos en sí.

7.2. Costos de las propuestas

7.2.1. Costos de construcción

Se calcularon los costos de optimización de la vivienda. Es decir, con la vivienda construida, los costos de los materiales que es necesario adicionar para lograr una mejora en la aislación térmica.

Para cerramientos verticales, con los costos por metro cuadrado de cada propuesta expuestos en la sección anterior se obtuvo

Material	Aislantes			Machimbrado		Costo final [\$]
	\$/m ²	Superficie [m ²]	Costo parcial [\$]	\$/m ²	Costo parcial [\$]	
Poliestireno expandido 30 mm 15 kg/m ³	192,03	37,71	7241,58	160,00	6033,6	13275,18
Lana de vidrio 5 cm	181,72		6852,81			12886,41
Aserrín 4 cm	45,79		1726,92			7760,52
Viruta 5 cm	58,86		2219,69			8253,29
Paja 6 cm	60,62		2286,02			8319,62
Bloque 3c	310,70		11716,50			17750,10

Tabla 7.5 - Costos de los materiales propuestos para muros.

Evaluación de materiales aislantes de bajo costo en la optimización energética del cerramiento de la vivienda Semilla de la organización TECHO en el partido de Moreno, provincia de Buenos Aires.

La propuesta más económica es la de incluir un colchón de aserrín de 4 cm de espesor entre el cerramiento de T-Plak y el machimbrado exterior. Su costo total es de \$7.760,52, de los cuales \$6.033,60 corresponden al machimbrado exterior. Es decir, el 78% del costo total corresponde al machimbre de ½" que sirve de terminación y, a su vez, de barrera de contención para el material suelto y el 22% al material suelto en sí.

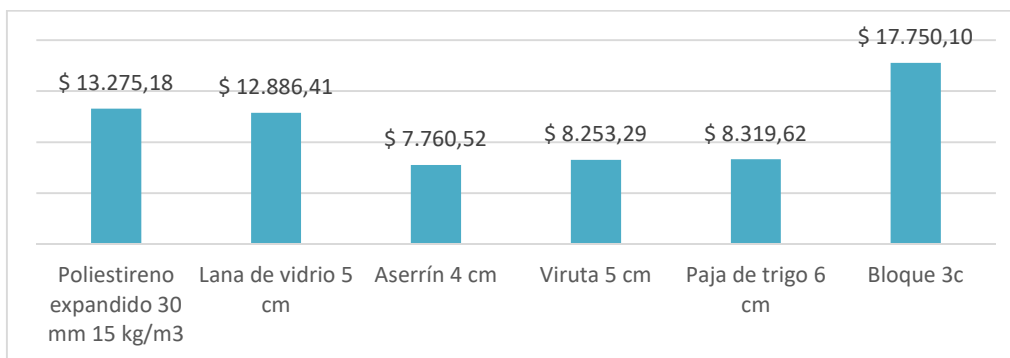


Gráfico 7.3 - Costos finales de los materiales propuestos para muros.

Luego, en el caso de los cerramientos horizontales

Material	\$/m ²	Superficie [m ²]	Costo total [\$]
Lana de vidrio 8 cm	248,70	18,49	4598,53

Tabla 7.6 - Costo del material propuesto para la cubierta.

El reacondicionamiento de la cubierta tendrá un costo total de \$4.598,53 según la propuesta elaborada por los alumnos.

Como se explicó anteriormente, para el piso se propuso generar una cámara de aire de 15 cm de espesor. Para ello, se requieren 2,96 m² de material (15 cm de altura por el perímetro de la vivienda de 19,76 m).

Material	\$/m ²	Superficie [m ²]	Costo total [\$]
Machimbre 1/2"	160,00	2,96	474,24

Tabla 7.7 - Costo del material propuesto para la cámara de aire de piso.

El reacondicionamiento del piso tendrá un costo total de \$474,24.

Los costos totales de reacondicionamiento de la vivienda

Muros		Costo cubierta [\$]	Costo piso [\$]	Costo total [\$]
Material	Costo [\$]			
Poliestireno expandido 30 mm 15 kg/m ³	13275,18	4598,53	474,24	18347,94
Lana de vidrio 5 cm	12886,41			17959,18
Aserrín 4 cm	7760,52			12833,29
Viruta 5 cm	8253,29			13326,06
Paja 6 cm	8319,62			13392,39
Bloque 3c	17750,10			22822,86

Tabla 7.8 - Costos totales de las diferentes propuestas de optimización energética.

Evaluación de materiales aislantes de bajo costo en la optimización energética del cerramiento de la vivienda Semilla de la organización TECHO en el partido de Moreno, provincia de Buenos Aires.

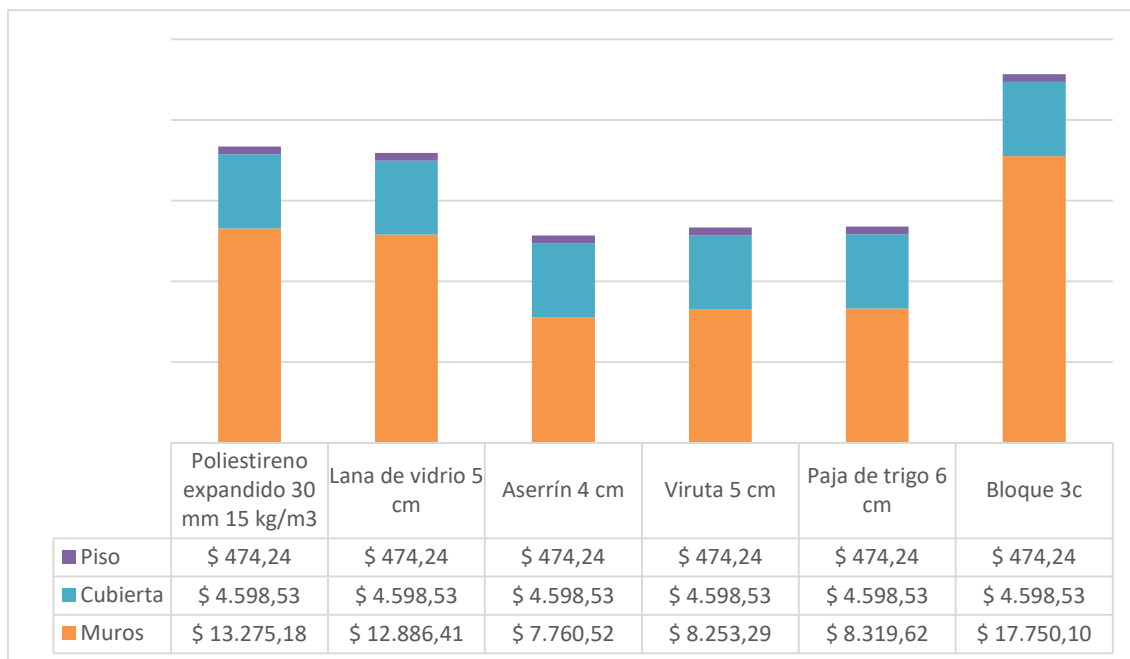


Gráfico 7.4 - Costos totales de las diferentes propuestas de optimización energética.

Nuevamente, la propuesta más económica es la de incluir aserrín como aislación térmica. El costo total de dicha propuesta es de \$12.833,29.

7.2.2. Costos de calefacción

Se llevó a cabo el mismo cálculo que en la sección 7.1.1. para todas las propuestas tanto para los cerramientos verticales como para las propuestas para los cerramientos horizontales. Las pérdidas de calor por aberturas se mantienen iguales.

Pérdidas de calor [kcal/h]						
Muros		Cubierta	Piso	Aberturas	Por orientación	Totales
Aislante	Pérdidas					
Poliestireno 15 kg/m ³ de 30 mm	315,17	84,14	27,41	213,62	50,24	690,57
Lana de vidrio de 50 mm	234,63				43,93	603,72
Aserrín 4 cm	318,67				50,51	694,35
Viruta 5 cm	311,67				49,96	686,80
Paja de trigo 6 cm	304,66				49,42	679,24
Bloque 3c	304,66				49,42	679,24

Tabla 7.9 - Pérdidas de calor totales de la vivienda optimizada energéticamente con las distintas propuestas.

La paja de trigo y el Bloque 3c, en los cerramientos diseñados, presentan la misma transmitancia térmica ($K=0,87 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$) y, por ende, las mismas pérdidas de calor. El Bloque 3c con un espesor de 19,55 cm y la paja de trigo con 6 cm de espesor.

Evaluación de materiales aislantes de bajo costo en la optimización energética del cerramiento de la vivienda Semilla de la organización TECHO en el partido de Moreno, provincia de Buenos Aires.

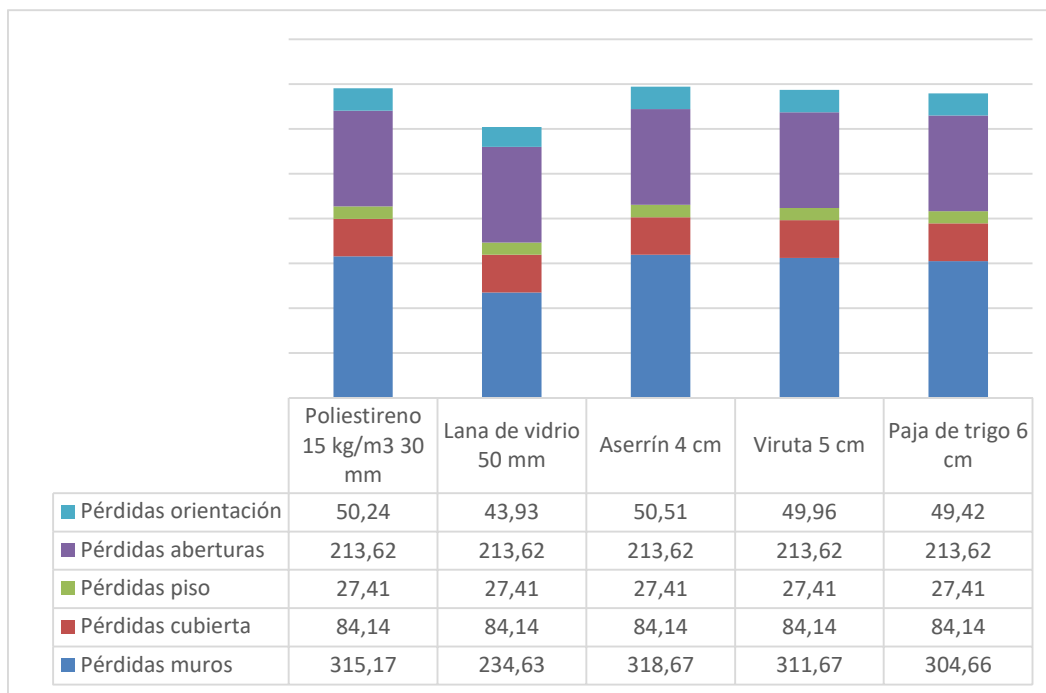


Gráfico 7.5 - Pérdidas de calor totales de la vivienda optimizada energéticamente con las distintas propuestas.

La menor pérdida de calor ocurre con la lana de vidrio. La mayor con el material más económico de instalar: el aserrín.

Nuevamente, el poder calorífico del gas es de 12300 kcal/kg y su costo en garrafa de 10 kg es de \$349,23. De esta forma

Costos mensuales de calefacción				
Aislante	Pérdidas [kcal/h]	Pérdidas [kcal/mes]	Consumo de gas [kg/mes]	Costo mensual [\$/mes]
Poliestireno 15 kg/m³ de 30 mm	690,57	497212,00	40,42	1411,72
Lana de vidrio de 50 mm	603,72	434676,33	35,34	1234,16
Aserrín 4 cm	694,35	499930,94	40,64	1419,44
Viruta 5 cm	686,80	494493,06	40,20	1404,00
Paja de trigo 6 cm	679,24	489055,18	39,76	1388,56
Bloque 3c	679,24	489055,18	39,76	1388,56

Tabla 7.10 - Costos mensuales de calefacción de la vivienda optimizada energéticamente con las distintas propuestas.

Reiteradamente, la paja de trigo y el Bloque 3c presentan los mismos costos de calefacción.

El costo mensual calculado es el costo requerido para mantener en la vivienda una temperatura interior de 18 °C. El menor costo corresponde a la lana de vidrio, de \$1.234,16 mensuales.

Evaluación de materiales aislantes de bajo costo en la optimización energética del cerramiento de la vivienda Semilla de la organización TECHO en el partido de Moreno, provincia de Buenos Aires.

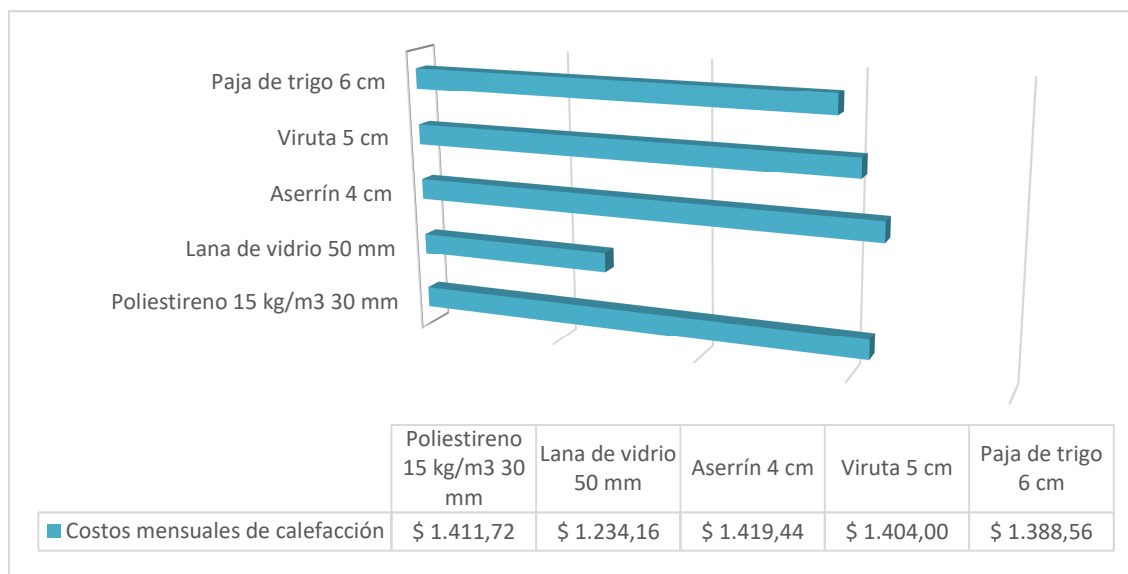


Gráfico 7.6 - Costos mensuales de calefacción de la vivienda optimizada energéticamente con las distintas propuestas.

7.3. Contrastación de propuestas

Al comparar los costos iniciales (de los materiales) con los costos mensuales de calefacción que genera cada propuesta obtuvimos

Material	Costo de materiales [\$]	Costo mensual de calefacción [\$/mes]	Costo mensual de calefacción de la vivienda original [\$/mes]	Ahorro mensual en calefacción [\$/mes]
Poliestireno expandido 30 mm 15 kg/m ³	18347,94	1411,72	5301,63	3889,91
Lana de vidrio 5 cm	17959,18	1234,16		4067,47
Aserrín 4 cm	12833,29	1419,44		3882,19
Viruta 5 cm	13326,06	1404		3897,63
Paja 6 cm	13392,39	1388,56		3913,07
Bloque 3c	22822,86	1388,56		3913,07

Tabla 7.11 – Costos de los materiales y ahorros mensuales en calefacción de las propuestas.

Evaluación de materiales aislantes de bajo costo en la optimización energética del cerramiento de la vivienda Semilla de la organización TECHO en el partido de Moreno, provincia de Buenos Aires.

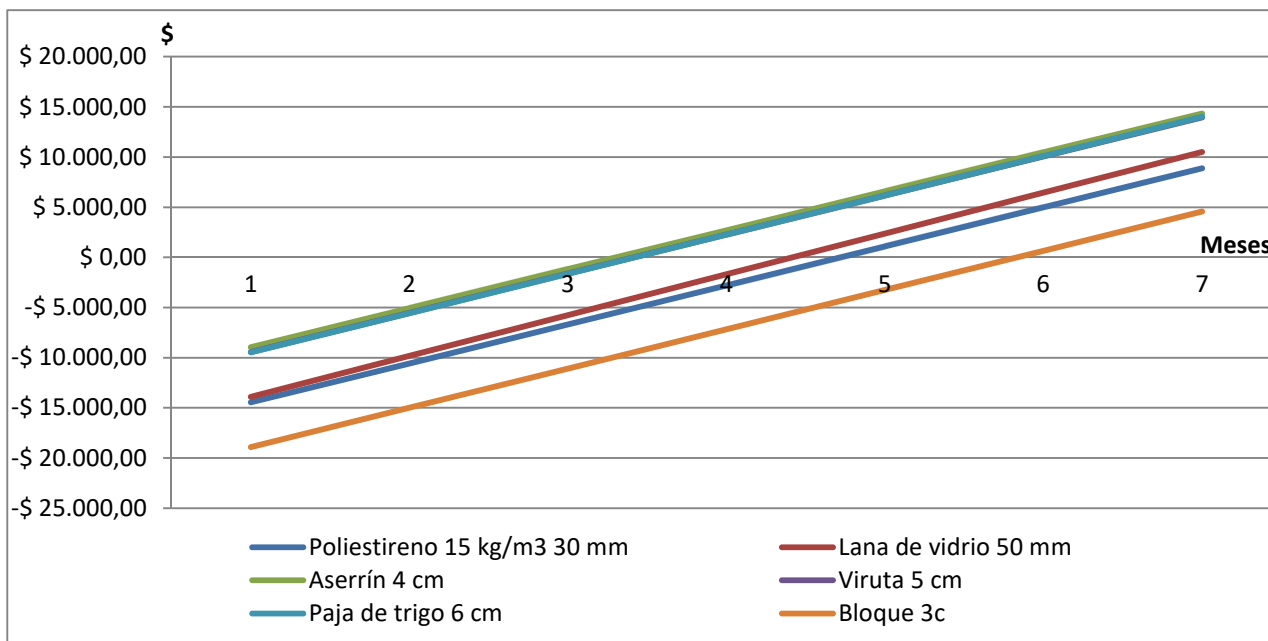


Gráfico 7.7 - Costos de los materiales y ahorros mensuales en calefacción de las propuestas.

Cada curva muestra la cantidad de meses en los cuales se recuperará el costo de los materiales aislantes. Como se puede observar, los tiempos de recuperación para el aserrín, la viruta y la paja de trigo son de un poco más de 3 meses. Para el poliestireno se requerirán 4,8 meses, para la lana de vidrio 4,5 y para el Bloque 3c 6 meses.

Para cerramientos verticales, por un lado, el colchón de aserrín es la propuesta que requiere la menor inversión inicial. Por otro lado, la lana de vidrio Rolac Plata con barrera de vapor de 5 cm de espesor es la propuesta que genera las menores pérdidas de calor. Al comparar sus costos iniciales (materiales) con los costos mensuales de calefacción que generan

Material	Costo inicial [€]	Costo mensual [€/mes]
Lana de vidrio 5 cm	17959,18	1234,16
Aserrín 4 cm	12833,29	1419,44

Tabla 7.12 - Contratación de costos Lana de vidrio 5 cm y Aserrín 4 cm.

La diferencia de costos inicial es de \$5.125,89 mayor en el uso de lana de vidrio. Esta diferencia representa un 66% sobre la inversión inicial requerida para la aplicación de aserrín como aislación térmica.

Por otro lado, el uso de lana de vidrio genera un ahorro económico mensual en calefacción de \$171,80. De esta forma, si se considera el consumo de gas 4 meses por año (época invernal), se requieren 7 años para recuperar el adicional correspondiente a la lana de vidrio.

7.4. Contrastación de propuestas con la vivienda original

7.4.1. Cerramientos verticales

Los muros de placas T-Plak en la vivienda original presentan una transmitancia de $4,64 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Esto se traduce en pérdidas de calor de $1624,87 \text{ kcal/h}$ y en un costo mensual de calefacción de $\$3.321,68$. Al comparar con las propuestas

	Costo mensual de calefacción [\$/mes]	Ahorro mensual [\$/mes]	Ahorro mensual [%]
Vivienda Semilla	3321,68	-	-
Lana de vidrio 50 mm	479,65	2842,03	85,6
Aserrín 4 cm	651,45	2670,23	80,4

Tabla 7.13 - Ahorro mensual porcentual logrado con el uso de lana de vidrio de 5 cm de espesor y aserrín de 4 cm de espesor.

Ambas propuestas generan un ahorro mensual mayor al 80%.

7.4.2. Cerramientos horizontales

La cubierta en la vivienda original presenta una transmitancia de $0,73 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Esto se traduce en pérdidas de calor de $125,34 \text{ kcal/h}$ y en un costo mensual de calefacción de $\$256,23$. Al comparar con las propuestas

	Costo mensual de calefacción [\$/mes]	Ahorro mensual [\$/mes]	Ahorro mensual [%]
Vivienda Semilla	256,23	-	-
Lana de vidrio 80 mm	172,01	84,22	32,87

Tabla 7.14 - Ahorro mensual porcentual logrado con el uso de lana de vidrio de 8 cm de espesor.

Por otro lado, en la vivienda sin mejoras el piso presenta una transmitancia térmica de $2,71 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Las pérdidas de calor son de $464,31 \text{ kcal/h}$ y un costo de $\$949,18$ mensual. Al comparar con la propuesta

	Costo mensual de calefacción [\$/mes]	Ahorro mensual [\$/mes]	Ahorro mensual [%]
Vivienda Semilla	949,18	-	-
Cámara de aire 15 cm	56,03	893,15	94,10

Tabla 7.15 - Ahorro mensual porcentual logrado con la cámara de aire.

En este caso, el ahorro es más significativo: del 94,10% que equivale a $\$893,15$ por mes.

7.4.3. Costos totales

Dado el costo total de la vivienda Semilla, de $\$101.343,00$, las inversiones adicionales para su acondicionamiento higrotérmico y, por ende, su optimización energética representan

Evaluación de materiales aislantes de bajo costo en la optimización energética del cerramiento de la vivienda Semilla de la organización TECHO en el partido de Moreno, provincia de Buenos Aires.

Material	Costo inicial [€]	
Vivienda Semilla	101343,00	100%
Lana de vidrio 50 mm	119302,18	117,72%
Aserrín 4 cm	114176,29	112,66%

Tabla 7.16 - Inversión adicional requerida para la construcción de la vivienda Semilla acondicionada higrotérmicamente.

Una inversión adicional del 12,66% en el uso de aserrín como aislación térmica y del 17,72% para lana de vidrio.

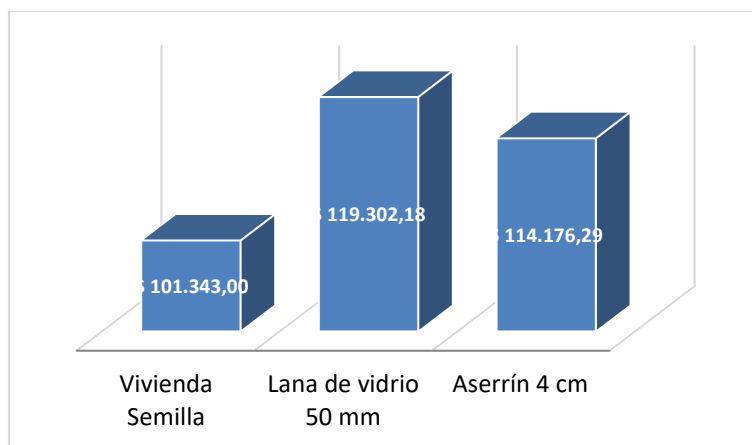


Gráfico 7.8 - Costos iniciales de la vivienda Semilla original y la vivienda Semilla optimizada energéticamente.

Como se mencionó anteriormente, el costo de construcción por metro cuadrado de la vivienda original es de \$5.492,85. En caso de optar por utilizar lana de vidrio en los muros, el costo por metro cuadrado será de \$6.466,24 (\$973,39 más costoso). En el caso de optar por aserrín, el costo por metro cuadrado será de \$6.188,42 (\$695,57 mayor costo).

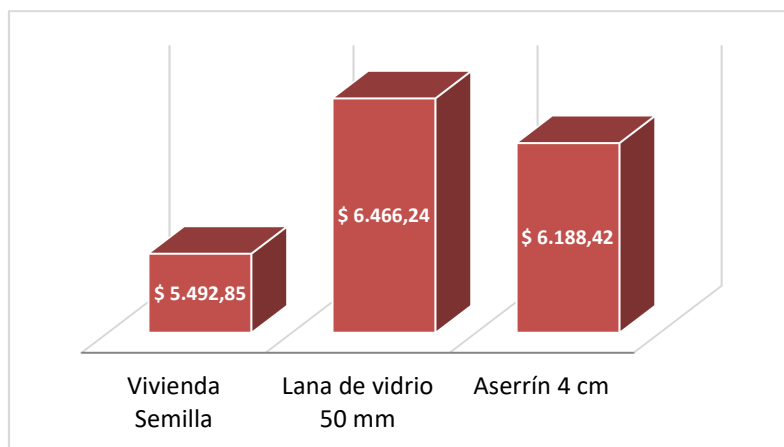


Gráfico 7.9 - Costos por metro cuadrado de la vivienda Semilla original y la vivienda Semilla optimizada energéticamente.

Evaluación de materiales aislantes de bajo costo en la optimización energética del cerramiento de la vivienda Semilla de la organización TECHO en el partido de Moreno, provincia de Buenos Aires.

Por otro lado, al comparar costos de calefacción

Material	Costo mensual de calefacción [\\$]	Ahorro [\\$]	Ahorro [%]
Vivienda Semilla	5301,63	-	-
Lana de vidrio 50 mm	1234,16	4067,47	76,72
Aserrín 4 cm	1419,44	3882,19	73,23

Tabla 7.17 - Contratación de costos de calefacción y ahorros mensuales entre la vivienda Semilla y la vivienda Semilla optimizada energéticamente.

Ambas propuestas generan un ahorro mensual en calefacción mayor al 70% en comparación con el gasto generado en la vivienda sin mejoras.

Además, con el ahorro mensual generado por ambas propuestas

Material	Costo inicial [\\$]	Costo mensual de calefacción [\\$]	Ahorro mensual [\\$]	Recuperación [meses]
Vivienda Semilla	-	5301,63	-	-
Lana de vidrio 50 mm	17959,18	1234,16	4067,47	4,4
Aserrín 4 cm	12833,29	1419,44	3882,19	3,3

Tabla 7.18 - Cantidad de meses necesarios para recuperar la inversión inicial si se optara por lana de vidrio de 5 cm de espesor o aserrín de 4 cm de espesor.

Las inversiones requeridas para la optimización energética de las viviendas se recuperarán en 3 meses y medio aproximadamente si se opta por utilizar aserrín como aislación térmica y en 4 meses y medio aproximadamente si se opta por utilizar lana de vidrio.



	Costos de materiales [€]		Pérdidas de calor [kcal/h]		Costos de calefacción mensuales [€]	Ahorro mensual en calefacción [€]
Vivienda Semilla	-		Muros	1624,87	5301,60	-
			Cubierta	464,31		
			Piso	125,34		
			Aberturas	213,61		
			Orientación	165,26		
			Totales	2593,39		
Propuesta Aserrín	Muros	7760,52	Muros	318,67	1419,42	3882,18
	Cubierta	4598,53	Cubierta	84,14		
			Piso	27,41		
	Piso	474,24	Aberturas	213,61		
			Orientación	50,51		
	Totales	694,34	Totales	694,34		
Lana de vidrio	Muros	12886,41	Muros	234,63	1234,17	4067,43
	Cubierta	4598,53	Cubierta	84,14		
			Piso	27,41		
	Piso	474,24	Aberturas	213,61		
			Orientación	43,93		
	Totales	603,72	Totales	603,72		

Tabla 7.19 - Tabla resumen de costos de materiales y mensuales de calefacción de la vivienda original y optimizada energéticamente mediante las diferentes propuestas.



8. Conclusiones

La falta de aislación térmica en los cerramientos de la vivienda Semilla trae consecuencias múltiples: además de generar ambientes fríos, eleva la humedad relativa en el interior de la vivienda y, como consecuencia de las temperaturas superficiales bajas en los cerramientos, permite que el vapor de agua ocasionado por el uso normal de la vivienda condense en los mismos. El diseño de una envolvente optimizada no sólo genera habitabilidad, sino que también representa un gran ahorro en calefacción. Este es un ahorro económico y a su vez energético.

Respecto al análisis sobre la vivienda y su optimización energética, se concluyó

- Para las propuestas destacadas, los costos de instalación tanto para el material convencional (lana de vidrio) como para el material suelto (aserrín) representan menos del 20% de la inversión inicial destinada a la construcción de la vivienda Semilla. Asimismo, el cálculo del ahorro económico mensual en calefacción busca incentivar a que, a quien corresponda (familia de las viviendas actuales o TECHO en futuras construcciones), invierta en la optimización de los cerramientos para mejorar considerablemente las condiciones de confort en la vivienda Semilla.
- Dentro de las dos categorías de aislantes analizadas (convencionales y reciclados) las ventajas de los materiales convencionales son, además de sus bajas conductividades térmicas, su disponibilidad y su trayectoria. Es decir, el conocimiento y la tecnología para utilizarlos están disponibles. Para el caso de los materiales reciclados o subproductos de la industria, además de sus bajas conductividades térmicas, sus costos son competitivos y posibilitan dar un segundo ciclo de utilidad a un material que se consideraba desecho.
- Los materiales sueltos analizados tienen un gran potencial como aislación térmica. Sus conductividades son del orden de aquellos materiales diseñados con este fin y sus costos son los más bajos de todas las posibilidades analizadas en este proyecto integrador profesional. 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.
- El bloque 3c también presenta un muy buen rendimiento y la ventaja de que promueve el reciclaje de materiales poliméricos que son desechos abundantes y que tardan mucho tiempo en degradarse. En este proyecto integrador profesional, no se consideró al bloque dentro de las dos propuestas superadoras dados sus costos. Cabe destacar que dicho bloque forma parte de un sistema constructivo total, no está diseñado con el fin de cumplir la única función de aislación térmica.



- Luego del análisis de las pérdidas de calor se determinó que es posible dar un orden de prioridad a la optimización energética de algunos cerramientos sobre otros. De esta forma, en primera instancia se consideró al piso ya que, aunque no es el cerramiento que produce la mayor pérdida, la inversión requerida para reacondicionarlo es mínima y el ahorro en calefacción que produce es considerable. Luego, corresponde la optimización de los muros priorizando la orientación sur oeste. Luego, NO, NE y, por último, SE. Por último, la cubierta de forma de llevarla de un nivel de confort original C a un nivel B al igual que todo el resto de la envolvente.
- Dentro de las dos propuestas destacadas, lana de vidrio y aserrín, el aserrín presenta las mayores ventajas: además de ser un material reciclado, la diferencia de consumo energético es mínimamente más alta que la lana de vidrio. De esta forma, el ahorro en consumo de gas consecuente de la utilización de lana de vidrio como aislación térmica no justifica la inversión económica requerida para su instalación.

9. Recomendaciones

9.1. Para futuras viviendas en la zona

9.1.1. Orientaciones óptimas

Según la Norma IRAM 11603, en función a aspectos térmicos (radiación solar), para las regiones templadas y frías, las orientaciones con asoleamiento son las deseables. Para la subzona IIIb (partido de Moreno), la orientación óptima es la NO-N-NE-E.

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

Orientaciones con protección solar necesaria	Orientaciones donde se reciben 2 horas de asoleamiento	Orientaciones favorables y óptimas

Tabla 9.1 - Orientaciones favorables y óptimas en el partido de Moreno.

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

Por último, se aconseja para la zona bioambiental en estudio y para las orientaciones SO-O-NO-N-NE-E-SE el uso de sistemas de protección solar, como por ejemplo parasoles horizontales y verticales, cortinas de enrollar de color claro. Además, los colores claros exteriores son altamente recomendables.

9.1.2. T-Plak

Las placas T-Plak presentan una permeabilidad al vapor de agua mínima en el sentido perpendicular a la placha (flujo interior-exterior en la vivienda). Para asegurar que no exista flujo de vapor en el interior de las placas en sentido paralelo a las mismas o que no se produzcan transferencias indeseadas de dicho gas, se recomienda, previo a la instalación, sellar los cantos de las planchas con pinturas o materiales impermeables como, por ejemplo, pintura asfáltica.

9.2. Para viviendas existentes

Según las normas IRAM 11625 y 11630 resulta necesario para disminuir el riesgo de condensación: favorecer la ventilación cruzada interior (teniendo en cuenta las



pérdidas de calor que esto ocasiona de acuerdo con lo indicado en la norma IRAM 11604) instalar sistemas de calefacción con tiraje exterior (calefactores de tiro balanceado) o sin emisiones de vapor (estufas eléctricas).

Para el caso específico en estudio, la potencia del sistema de calefacción debería ser de por lo menos 2900 kcal/h para estufas con tiraje o 2250 kcal/h para estufas sin tiraje.

Según la IRAM 11604, se deben realizar por lo menos dos renovaciones de aire diarias en la vivienda.



10. Bibliografía

Acondicionamiento higrotérmico de edificios. Manual de aplicación Ley 13059. Instituto de la Vivienda de la Provincias de Buenos Aires. http://www.vivienda.mosp.gba.gov.ar/varios/manual_ac_higrotermico.pdf. (activo 11/2019)

Ahn H.K., Sauer T.J., Richard T.L. and Glanville T.D. (2009) Determination of thermal properties of composting bulking materials. Agricultural and Biosystems Engineering. Publications and Papers Agricultural and Biosystems Engineering. United States.

Azqueta P. (2017). Manual práctico del aislamiento térmico para una construcción sustentable. Asociación Argentina del Poliestireno Expandido. Argentina

Berardi R. Diulio M. P. Reus Neto G. y Czajkowski J. (2014) Reciclado energético de la envolvente de vivienda unifamiliar en la plata, argentina. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

Bernal Peña M.S. (2018). Uso de la paja en la construcción de paneles aislantes o estructurales, aprovechamiento de residuos de cereales de la agricultura. Trabajo de grado. Colombia

Broto C. (2006). Patologías de los Materiales de Construcción. Links-Structure. Barcelona España

Broto C. (2006). Patologías de los Elementos Constructivos. Links. Barcelona España

Coscollano Rodriguez J. (2000). Tratamiento De Las Humedades En Los Edificios. Ediciones Paraninfo, S.A. España

Coscollano Rodriguez J. (2005). La Cubierta Del Edificio. Ediciones Paraninfo, S.A. España

Diaz 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.

Dombroski, L. J. (2018). La configuración espacial de los asentamientos del borde metropolitano: actores, recursos y estrategias en la construcción de los barrios de Los hornos, en Cuartel v, Moreno. Trabajo de Investigación Universidad de Quilmes. Argentina

Eco U. (2002). Como se Hace una Tesis. Gedisa. Barcelona.

Egg E. A. y Aguilar Idáñez M. J. (2005). Cómo Elaborar un Proyecto. Instituto de Ciencias Sociales Aplicadas. Buenos Aires.

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



Gayosso-Rodriguez S., Borges-Gomez L. Villanueva-Couohe E., Estrada-Botello M. A. y Garruña R. (2018). Caracterización física y química de materiales orgánicos para sustratos agrícolas. Instituto Tecnológico de Conkal división académica de ciencias agropecuarias de la universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

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.

Mac Donnell H. y Mac Donnell H. P. (2011). Manual de Construcción Industrializada. Revista Vivienda SRL, Buenos Aires.

Material de envases Tetra Brik.
<https://www.tetrapak.com/mx/packaging/materials>. (activo 11/2019)

Neufert E. (1995). Arte de proyectar en arquitectura. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona

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

Partido de Moreno: historia, barrios, relieve, flora, fauna y más.
https://hablemosdeargentina.com/c-buenos-aires/partido-de-moreno/#Flora_y_Fauna. (activo 11/2019)



Panel ecológico. <https://www.lanacion.com.ar/arquitectura/panel-ecologico-nid207571>. (activo 11/2019)

Rolac Plata Cubierta Hidrorepelente. <https://www.isover.com.ar/productos/rolac-plata-cubierta-hidrorepelente> . (activo 11/2019)

T-Plak. Rezagos Industriales. T Plak SRL Ruta 8 Km 50 Pilar. <https://www.tplak.com.ar/productos> . (activo 11/2019)

Normas Técnicas para Proyectos de Conjuntos Habitacionales Instituto de la Vivienda de la Provincia de Buenos Aires. http://www.vivienda.mosp.gba.gov.ar/programas/normas_tec.pdf. (activo 11/2019)