



[www.catalogomadera.cl](http://www.catalogomadera.cl)

---

**CATÁLOGO 3D**  
**DE SOLUCIONES**  
**≡ CONSTRUCTIVAS ≡**  
**PARA EDIFICACIÓN EN MADERA**

## **CATÁLOGO 3D DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA EDIFICACIÓN EN MADERA**

INNOVA BIO BIO N°15.59-T.C.DTE

---

### **Equipo Polo Madera**

Frane Zilic M. / Director  
Valentina Torres P. / Coordinadora  
Pilar Valdebenito A.  
Carla Chávez R.

---

### **Equipo Holzbau Institut de Biberach**

Johannes Sessing  
Sonja Fagundes

---

### **Equipo de Análisis Térmico**

Alberto Nope  
Christian Fierro

---

### **Licenciados en arquitectura**

Jorge Abate  
Felipe Anabalón  
Martín Contreras  
Roselía Marroquín  
Diego Montecino  
Romina Salinas

---

### **Diseño Gráfico**

Cristina Vergara M.

---

### **Impresión**

El Sur Impresores S.A.



## PRESENTACIÓN DIRECTOR PROYECTO

Probablemente uno de los conceptos que mejor define nuestra época es “Sostenibilidad”. Hoy aparece la necesidad imperativa de lograr procesos más eficientes, más limpios, y la construcción no es ajena a este desafío al ser una de las principales fuentes de contaminación.

La madera es el único material estructural carbono negativo y el único renovable. Además es reciclable, durable y es buen aislante térmico. La madera es el material de construcción más sostenible que conocemos, pero para poder aprovechar todas sus ventajas se requiere especialización de todas las partes involucradas. Si la madera se pudre o se quema es porque nosotros no supimos diseñar o construir adecuadamente, no es una falla inherente del material.

Hasta ahora nuestro país no ha incorporado significativamente la construcción en madera a pesar de tener una fuerte industria forestal, pero hoy sabemos que esta disociación productiva no se puede sostener. El fortalecimiento de la construc-

ción en madera en Chile no es más que una conclusión lógica a partir de una mirada estratégica y sostenible a nivel país. Este es un cambio lento que requiere además revisar las capacidades y conocimientos establecidos puesto que han cambiado fuertemente las exigencias.

Este proyecto busca hacer un aporte al desarrollo del sector de la construcción, adaptando un conjunto de soluciones constructivas, ajustadas al estado del arte internacional y a los cambios normativos o reglamentarios que se implementarán en nuestro país. Para su difusión se optó por una página web gratuita de fácil acceso en vez del tradicional formato impreso ya que nos permitirá agregar y corregir soluciones, e interactuar con los arquitectos que las especifican y con los constructores que las ponen en práctica. Este busca ser un catálogo desarrollado para y con la industria.

Frane Zilic  
Director Programa Polo Madera





# CONTENIDOS

Presentación	03
¿Por qué la madera?	09
Comportamiento Higrotérmico	11
Resistencia al fuego	12
Criterios de diseño	17
Categorías catalogomadera.cl	23
Detalles categorías	24
Archivos descargables	25
Análisis Térmico	26
A. Fundaciones	28
B. Entrepisos	32
C. Puertas y Ventanas	40
D. Tabiques	48
E. Techumbre	52
F. Terraza	56
Glosario	60
Bibliografía	63







# Parte I









## ¿POR QUÉ LA MADERA?

Existen numerosas razones por las cuales elegir la madera como material de construcción. Lo más frecuente es preferirla por su valor estético, por ser cálida, o por su agradable aroma, pero la madera es mucho más que eso:



### LA MADERA ES FÁCIL DE TRABAJAR

Se puede trabajar fácilmente de forma manual. Esto permite una fácil modificación de la obra, generando una solución adaptable a las necesidades cambiantes de la familia.



### LA MADERA ES LIVIANA

Pesa 6 veces menos que el hormigón y 15 veces menos que el acero. Esto la hace altamente transportable y manipulable.



### LA CONSTRUCCIÓN EN MADERA PUEDE SER RÁPIDA

Debido a la posibilidad de industrializar con una alta precisión, la construcción en madera puede ser mucho más rápida que las materialidades alternativas.



### LA MADERA PUEDE SER RESISTENTE AL FUEGO

Trabajada en grandes secciones es un material muy resistente al fuego ya que el carbón protege la estructura.



## LA MADERA ES RENOVABLE

Esto permite asegurar un suministro constante de material altamente sostenible con bosques manejados.



## LA CONSTRUCCIÓN EN MADERA ES TÉRMICAMENTE EFICIENTE

La conductividad de la madera es 10 veces menor que el hormigón y 100 veces menor que el acero por lo que la eficiencia energética en las viviendas puede ser mucho mayor que en otros materiales. Esto significa menos gasto en calefacción y un mejor confort interior.



## LA CONSTRUCCIÓN EN MADERA ES MENOS CONTAMINANTE

El proceso de construcción con madera es menos contaminante. Usa menos recursos y menos energía en su proceso, contamina menos el aire y el agua, y produce menos ruido y menos desechos que otros materiales tradicionales.



## LA MADERA PUEDE SER DURABLE

El edificio más antiguo de madera tiene más de 1.400 años y el objeto más antiguo de madera tiene 11.000 años, una estatua de 5m de altura.



## LA MADERA ES RECICLABLE Y ES ENERGÍA

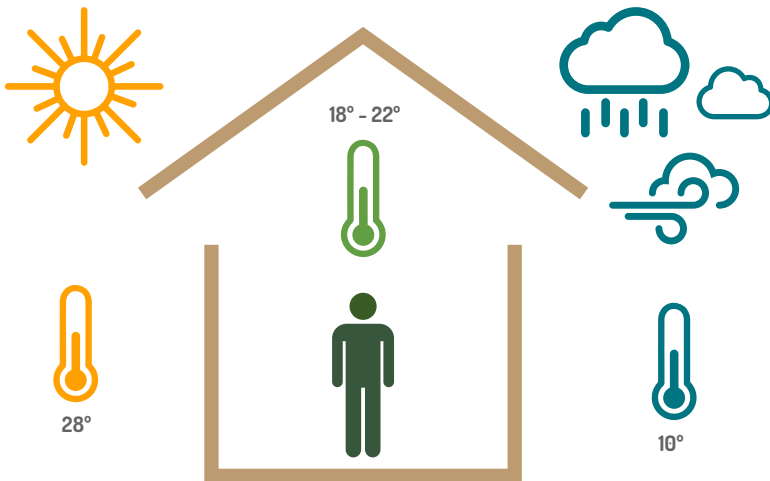
Una vez que cumple su uso en la edificación se puede reciclar, generando nuevos productos. Aún cuando la madera cumpla su ciclo de vida como producto, puede seguir siendo útil ya que se puede quemar y obtener energía carbono neutral.



## LA MADERA CAPTURA CO<sub>2</sub>

Al crecer el árbol captura CO<sub>2</sub> de la atmósfera. Si preservamos la madera, estamos almacenando ese CO<sub>2</sub> capturado, limpiando la atmósfera. El hormigón y el acero liberan CO<sub>2</sub> en su proceso de fabricación y por lo tanto aumentan el calentamiento global.

## Comportamiento HIGROTÉRMICO



El comportamiento higrotérmico es el que describe la interacción que existe entre temperatura y humedad ambiental. Ambos factores deben analizarse en conjunto para lograr soluciones constructivas que se mantengan secas, libres de condensación y que produzcan una buena situación de confort al interior de la edificación.

Al proyectar y construir en madera, es necesario prestar especial atención a la correcta conformación de la envolvente, aquellas superficies que están en contacto con el exterior. Es necesario frenar el vapor al interior de la envolvente con una barrera de vapor hermética y al exterior con una barrera de vapor. Con esto y una buena estrategia de ventilación tendremos una construcción seca, duradera y comfortable.



## Resistencia al FUEGO

Aunque suene poco lógico, la resistencia al fuego de un material, no está directamente relacionada con su combustibilidad. La madera por ejemplo es un material combustible, pero puede lograr resistencias al fuego igual o mejores que otros materiales que tienen menor índice de combustibilidad.

Las estructuras de madera de gran sección se queman lentamente, ya que el carbón que se forma en la superficie protege la estructura interna.

Esta estrategia sin embargo no es válida para las secciones pequeñas puesto que al carbonizar la superficie no queda sección resistente. En

este caso se deberán usar otros materiales adicionales para proteger la estructura.

Las soluciones constructivas de este catálogo, son de estructuras de entramado liviano, en base a elementos de pequeña sección. Todos los detalles consideran en la cara interior una plancha de yeso cartón, solución estándar para lograr una adecuada resistencia al fuego.

Las clasificaciones de resistencia al fuego exigidas por normativa y aplicadas en este catálogo serán de F30 para los muros estructurales y F15 para los tabiques divisorios. Esto denota la cantidad de minutos que debe soportar el elemento frente a un incendio.







The background of the entire page is a repeating pattern of stylized trees and leaves. The trees are depicted with simple outlines, featuring a central trunk and a rounded canopy. Some trees have smaller, circular shapes next to them, possibly representing bushes or smaller plants. The leaves are shown as individual shapes with veins, scattered throughout the pattern. The overall aesthetic is clean and modern, with a focus on natural elements.

## Parte II



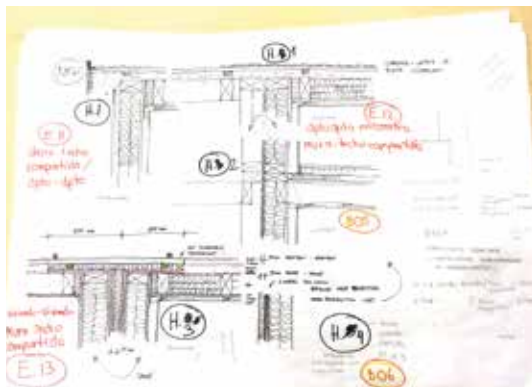




## Criterios de DISEÑO



Sonja Fagundes y Johannes Sessing, equipo Holzbau Institut de Biberach



Detalles realizados durante workshop con expertos alemanes.

## Experiencia con Expertos Alemanes

Todos los detalles de este proyecto fueron pensados para ser soluciones de alto estándar en madera. Tomando en consideración y dando solución, a un número de problemas que debemos enfrentar al momento de construir.

Uno de los sistemas más utilizados en Chile, es el de entramado liviano. Este puede ser muy eficiente si se lleva a cabo correctamente, respetando la reglamentación térmica, con una adecuada protección al fuego y control de las infiltraciones de aire.

Para lograr resultados de gran calidad, se decidió trabajar con el Holzbau Institut de Biberach (Instituto de la construcción en madera de Biberach, Alemania), expertos en construcciones de madera. Se estudiaron las estrategias utilizadas en edificaciones alemanas, y se modificaron ajustándolas a la realidad chilena, con materiales nacionales.



## Criterios de DISEÑO



*Viviendas en Temuco, en el marco del Plan de Desccontaminación Ambiental (PDA), imagen de la izquierda sin aislación, a la derecha con aislación incorporada.*

### Puentes Térmicos

En una construcción común los encuentros son los lugares con mayores pérdidas de calor, por infiltraciones y por puentes térmicos. Estos puentes se producen en los elementos que transmiten con mayor facilidad el calor que sus zonas aledañas. Puede ocurrir por una diferencia en la conductividad de los materiales utilizados o por configuración geométrica de la envolvente. Con las soluciones propuestas se disminuyen considerablemente, principalmente por reorganización de la posición de los materiales, intentando no aumentar los costos.

Todos los detalles se desarrollaron pensando en una solución utilizada ampliamente en Alemania, que consiste en dejar una superficie continua de OSB por la cara interior de la envolvente. El OSB actúa como un elemento estructural arriostrante, pero también como barrera de vapor. Al privilegiar la continuidad de la cara interna y evitar elementos que pasen desde dentro hasta afuera de la envolvente se disminuyen ampliamente los puentes térmicos y se mejora la hermeticidad. Para esto se utiliza un sistema de encuentro en el entrepiso similar al sistema balloon frame, incorporando una viga por dentro del tabique perimetral y así perforar el OSB sólo con tornillos para anclar la estructura.



## Criterios de DISEÑO



*Distintos tipos de cintas de hermeticidad*

### **Infiltraciones de Aire**

Las infiltraciones son el paso de aire, no controlado, a través de aberturas y grietas no previstas en la envolvente. Pueden generar corrientes frías o calientes que afectan el confort al interior del espacio habitado y concentran las condensaciones que pueden ocurrir dentro del muro comprometiendo la durabilidad de la obra.

Para solucionar este problema se considera este factor al momento de diseñar el detalle y se sellan todas las juntas con cintas de hermeticidad. Estas son cintas que deben funcionar como barrera de vapor puesto que se aplican en la cara interior de la envolvente. Cada vez que se interrumpa una placa o un material, se debiera aplicar una de estas cintas para mejorar la hermeticidad de la vivienda. Es importante recordar que ahora que tendremos casas más herméticas debemos adoptar mejora prácticas de ventilación para tener una buena calidad de aire interior.



## Criterios de DISEÑO



### Industrialización / Panel Prefabricado

La industrialización de la construcción en madera es algo que cada vez toma más fuerza, ya que otorga grandes ventajas como reducción de tiempos, reducción de costos, mayor precisión y disminución de errores. Es por esto que se consideró como parte de los criterios de diseño de las soluciones que todos los tabiques utilizados puedan ser industrializados fuera de la obra.



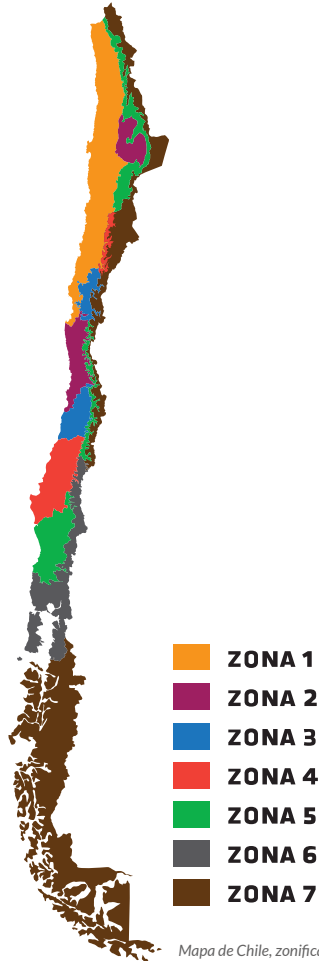
Dependiendo de las necesidades y posibilidades de la obra, el panel considerado puede estar compuesto por las soleras (inferior y superior), pies derechos, plancha de OSB, aislación y barrera de humedad. Todo previamente prefabricado y transportado a la obra.

*Industria de prefabricación de paneles, Alemania.*





## Criterios de DISEÑO



Mapa de Chile, zonificación térmica.

## Reglamentación Térmica

La actual reglamentación térmica esta vigente desde el año 2000 (OGUC art. 4.1.10), y define transmitancias térmicas máximas para limitar las pérdidas de calor en la techumbre, muros y pisos ventilados. Actualmente existe un anteproyecto de norma que amplía las exigencias de acuerdo con las actuales necesidades de la construcción.

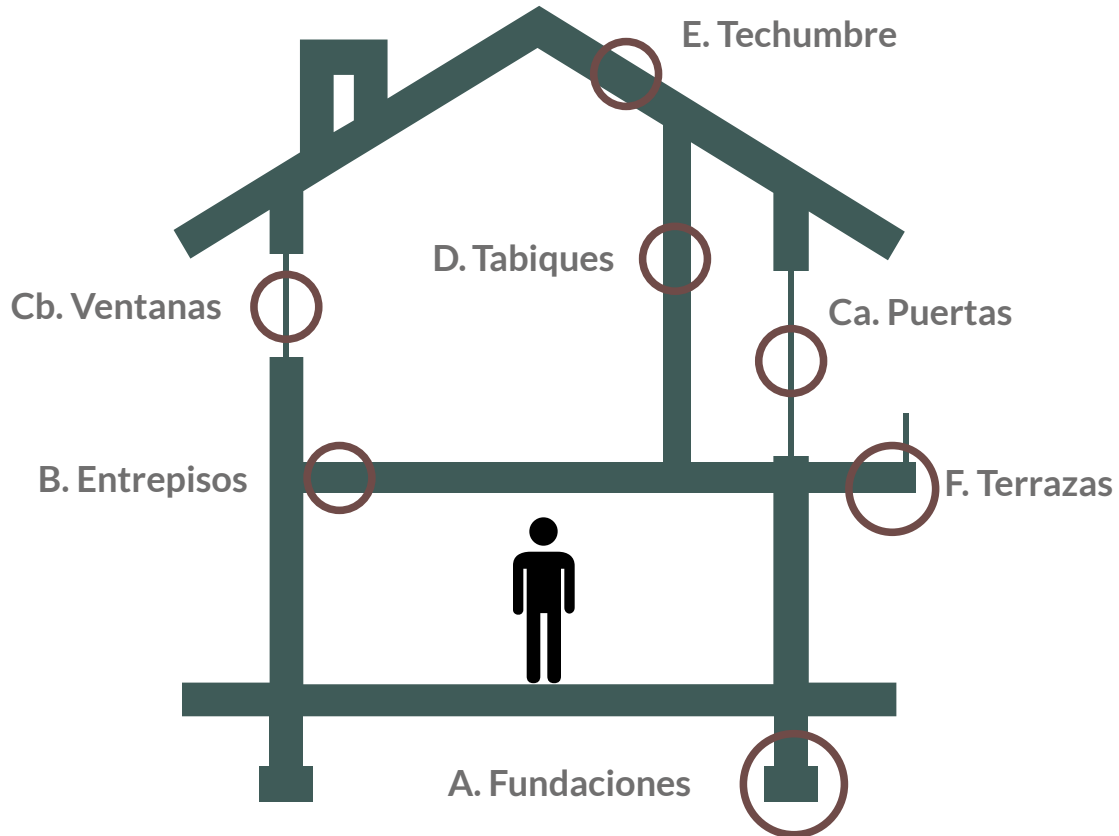
Dado que este proyecto busca generar una solución a largo plazo se decidió trabajar con las exigencias prontas a entrar en vigencia. En el anteproyecto de norma se limitan las infiltraciones de aire y se mejora la resistencia térmica con una nueva zonificación geográfica.

The background features a repeating pattern of stylized trees and leaves in white on a dark teal background. The trees are depicted with simple outlines, and the leaves are represented by teardrop shapes with internal vein patterns. The pattern is arranged in a grid-like fashion, with some elements overlapping.

[www.catalogomadera.cl](http://www.catalogomadera.cl)



## CATEGORÍAS PÁGINA WEB



# DETALLES CATEGORÍAS



Todos los detalles disponibles en [www.catalogomadera.cl](http://www.catalogomadera.cl)

CATEGORIA	CÓDIGO	NOMBRE	CATEGORIA	CÓDIGO	NOMBRE
FUNDACIONES	A01	Fundación corrida con subterráneo	TABIQUES	D01	-
	A02	Fundación corrida con radier		D02	Tabique exterior recinto húmedo, uniones cielo-suelo
	A03	Fundación corrida con envigado de piso		D03	Tabique con espacio para instalaciones
	A04	Fundación corrida con pilotes o palafitos		D04	-
	A05	Fundación corrida con radier ALTERNATIVO		D05	Tabique interior seco-húmedo uniones cielo-suelo
ENTREPIOS	B01	Intersección con paramento exterior		D06	Intersección con ángulo menor a 90°
	B02	Intersección con parámetro interior		D07	Intersección con ángulo igual a 90° (esquina muro)
	B03	Proyectante sobre parámetro exterior		D08	Intersección con ángulo menor a 180° y mayor a 90°
	B04	Entrepiso acústico		D09	Intersección con ángulo mayor a 180°
	B05	Entrepiso y muro compartido dpto-dpto	TECHUMBRE	E01	Encuentro tabique exterior con techumbre y alero
	B06	Entrepiso y muro compartido vivendi-vivienda		E02	Encuentro tabique exterior con techumbre sin alero
PUERTAS Y VENTANAS	Ca01	Puerta exterior		E03	Encuentro tabique exterior con techumbre, antepecho sin ductos
	Ca02	Puerta interior recinto seco - húmedo		E04	Encuentro tabique exterior con techumbre, antepecho con ductos
	Ca03	Puerta interior recinto seco - seco		E05	-
	Cb04	Plomo interior persianas en el muro		E06	Cumbrera
	Cb05	Plomo interior sin persianas		E07	-
	Cb06	A eje		E08	-
	Cb07	Plomo exterior persianas en el muro		E09	Salida de ductos no calefaccionados
	Cb08	-		E10	Salida de ductos (chimenea)
	Cb09	Bow window		E11	Sin alero lateral
	Cb10	Lucarna / velux		E12	Intersección muro-techo compartido Dpto-dpto
	Cb11	Protecciones con postigo		E13	Intersección muro-techo compartido vivienda-vivienda
TERRAZA	F01	Terraza deck primer piso permeable	F01	Terraza deck primer piso permeable	
	F02	Balcón segundo piso fuera de la envolvente	F02	Balcón segundo piso fuera de la envolvente	
	F03	Balcón segundo piso sobre recinto habitado	F03	Balcón segundo piso sobre recinto habitado	
	F04	Techo plano con antepecho	F04	Techo plano con antepecho	
	F05	Techo plano recordable, con antepecho	F05	Techo plano recordable, con antepecho	



## ARCHIVOS

*Todos estos archivos están disponibles en [www.catalogomadera.cl](http://www.catalogomadera.cl) para ser descargados y vistos online.*



**Detalle 3D  
(Render)**



**Detalle 3D  
(SKP)**



**Detalle 2D  
(PDF)**



**Detalle 2D  
(DWG)**



**Ficha Análisis  
Térmico**



**Especificaciones  
Técnicas (EE.TT.)**

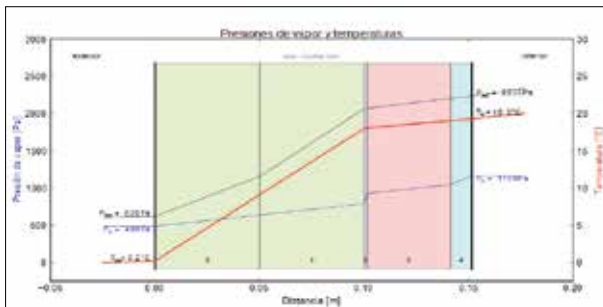
# ANÁLISIS TÉRMICO

Cada detalle tiene una ficha de análisis térmico, que básicamente habla y muestra como se comportan las condensaciones intersiciales. A continuación se explica los distintos elementos de la ficha técnica:

Resistencia superficial exterior: $R_{se} = 0,04$ (m <sup>2</sup> N/W)						
Resistencia superficial interior: $R_{si} = 0,13$ (m <sup>2</sup> N/W)						
Añadir Quitar Eliminar						
Añadir Quitar Eliminar						
id	Nombre	e [m]	K [W/mK]	U [m <sup>2</sup> N/W]	U [-]	S [m]
0	MIP Lona blanca (0,01 W/mK)	0,009	0,019	1,8129	1	0,009
1	MIP Lona negra (0,01 W/mK)	0,009	0,019	1,8129	1	0,009
2	Tablero de fibras orientadas (152) e = 80	0,082	0,1300	0,2111	33	0,045
3	Cámara de aire ventilada-ventilada 5 cm	0,048	-	0,1800	1	0,048
4	Piso de yeso e aislante TSC e = 80	0,018	0,2300	0,1400	4	0,048

## MATERIALIDADES.

Esta tabla presenta los materiales del complejo de muro o cubierta estudiado. La distribución de los materiales se entrega desde el exterior hacia el interior. En las columnas se presenta información de sus propiedades físicas como Espesor (en metros) y Transmitancia Térmica (W/Mk)



## GRÁFICO.

En este se muestran cada componente con su espesor. A la izquierda se encuentra el exterior y hacia la derecha el interior. Se grafican las curvas de presión de vapor, saturación de vapor, y la curva de temperatura. Cuando las curvas de saturación y presión de vapor se cruzan, se identifica con una zona roja en el gráfico, indicando que existe condensación intersticial. La ausencia de dicha zona, indica que no se produce condensación como en el gráfico de referencia.



# ANÁLISIS TÉRMICO

## 1. IMAGEN DE ISOTERMAS

Muestra la distribución de las curvas de temperatura en el complejo analizado, de acuerdo a los parámetros físicos de los materiales. Éstas varían de interior a exterior, se deformarán más si existen discontinuidades en los materiales, tanto por su forma, como por conductividad. El número que aparece indicand la temperatura que posee.

---

## 2. IMAGEN DE VECTORES DE FLUJO

Esta gráfica muestra con vectores o flechas, el flujo de calor a través del elemento analizado.

---

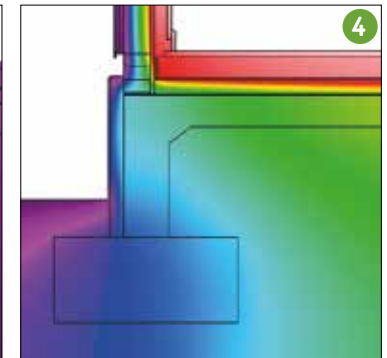
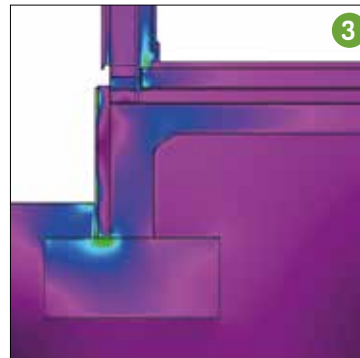
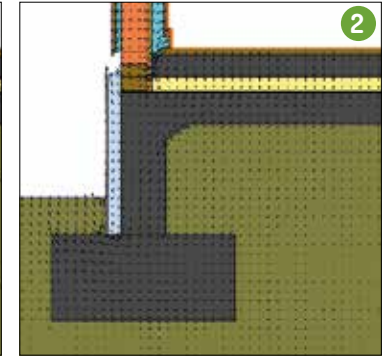
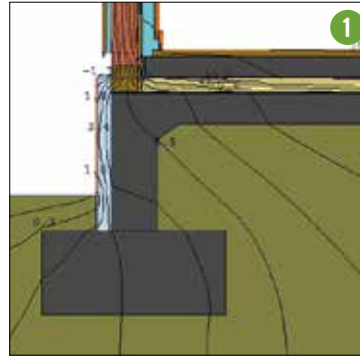
## 3. IMAGEN DE MAGNITUD DE FLUJO DE CALOR

Muestra la intensidad del flujo de calor que se transfiere a través de los materiales, expresada en una escala de  $W/m^2$ . Los colores más oscuros (rango de azules a violetas) muestran las zonas con menor transferencia de calor (situación óptima) y los colores más vivos (magenta a blanco) zonas con mayor transferencia de calor en  $W/m^2$  (situación deficiente).

---

## 4. IMAGEN DE FLUJO DE CALOR EN INFRARROJO

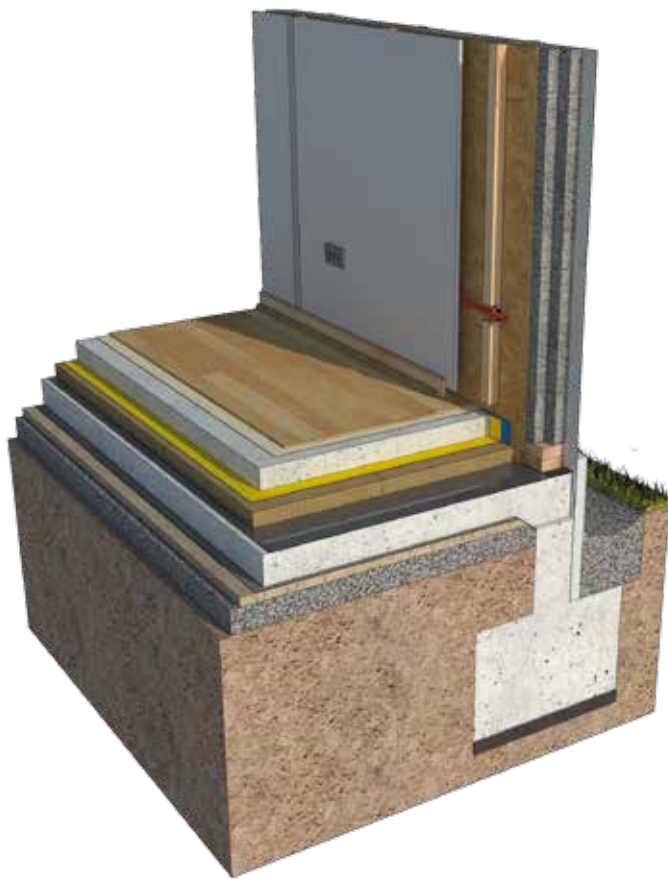
Muestra en colores el espectro de temperaturas del encuentro, con una escala visual. Los colores más cálidos (rojos, anaranjados y amarillos) mostrarán las zonas calientes y los fríos (azules y violetas), las zonas más heladas.



\* Definiciones extraídas y modificadas para el contenido de este catálogo de la memoria: Muñoz, C. Bobadilla, A. (2011) "Simulación y evaluación de puentes térmicos: Soluciones constructivas típicas aprobadas por la Norma Térmica para elementos verticales en estructura de madera y metálicos en la Zona 4 Simulaciones con Therm y Usai y evaluación con Método de Cámara Térmica" Universidad del Bio-Bio.



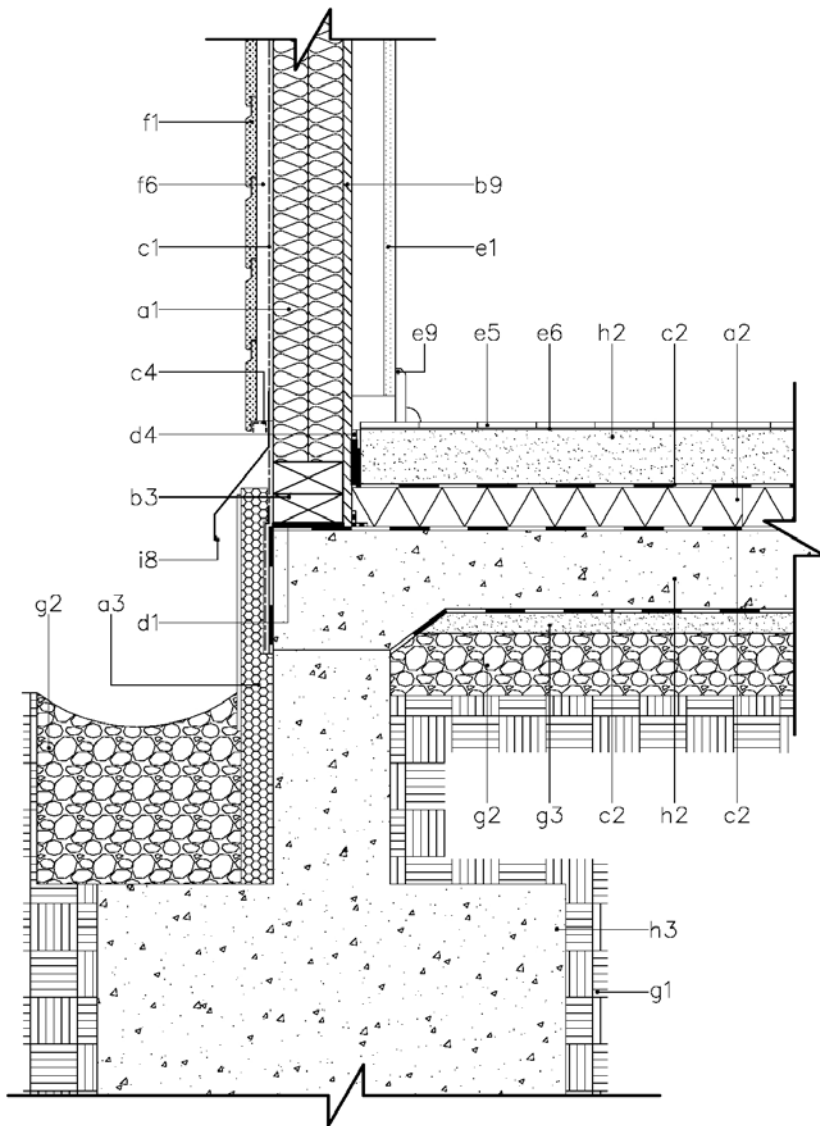
# A. FUNDACIONES



## Fundación Corrida con Radier

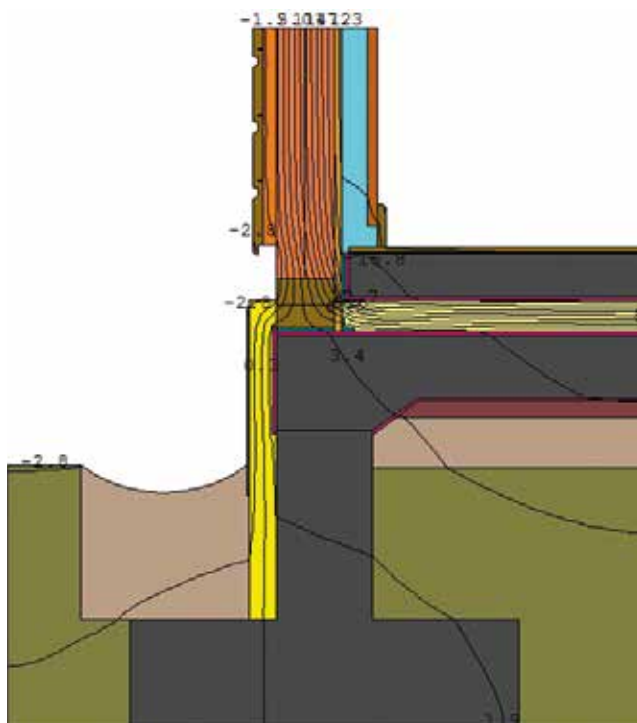
Este detalle muestra la solución del encuentro de una losa y un muro, con todos los elementos que lo componen. Se diferencia de otros detalles, por estar compuesto de una losa de “doble radier”, que utilizan aislación rígida de fibra de vidrio, lo cual mejora notablemente las pérdidas de calor. También, éste posee un sistema de drenaje en el exterior, para que el agua lluvia escurra.

La propuesta constructiva soluciona de manera eficiente el encuentro del complejo de piso y muro, junto a sus distintos componentes. Este es un lugar de potenciales puntos críticos, las zonas donde se unen distintas materialidades de la estructura, madera y hormigón, es un punto clave en cualquier edificación. Por lo que, se plantea la rotura de puentes térmicos, protegiendo las uniones de las superficies de sobrecimientos, que están expuestas a la intemperie, incorporando la cantidad necesaria de aislación al interior del tabique perimetral y la incorporación de aislación bajo la loseta de hormigón liviano.



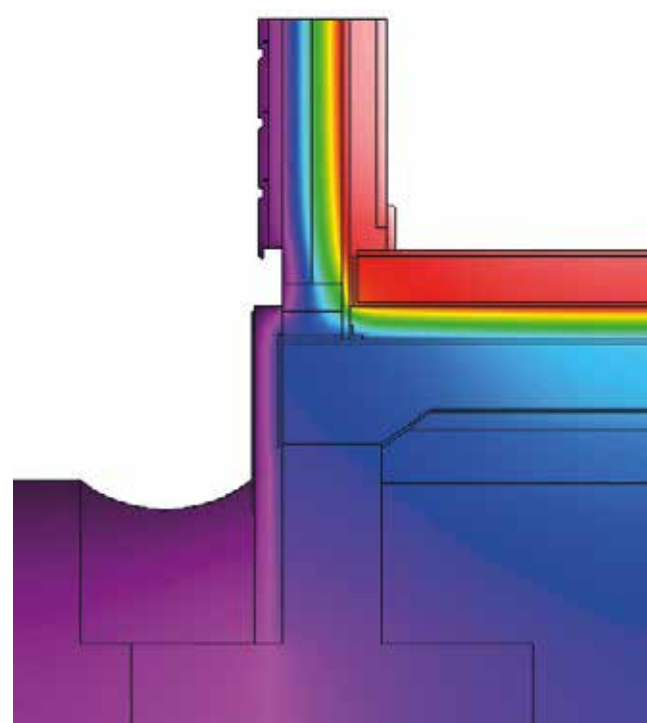
## Nomenclatura

- a1: Lana mineral e=50 mm.
- a2: Lana de vidrio, panel rígido e= 50 mm.
- b3: 2x4" (41 x 90 mm).
- b5: 2x8" (41 x 185 mm).
- b7: Pieza de madera modificada.
- b9: Tablero de OSB estructural, e=11mm.
- b10: Tablero de OSB estructural, e=15mm.
- c1: Barrera de aire (viento).
- c2: Polietileno.
- c4: Malla contra insectos.
- d2: Cinta de hermeticidad.
- d4: Franja de Poliestireno expandido.
- e1: Panel de Yeso-Cartón RF, e=15mm.
- e5: Terminación de piso.
- e6: Espuma Niveladora.
- e9: Guardapolvos.
- f1: Revestimiento exterior.
- g1: Suelo natural compactado.
- h2: Hormigón h-10.
- h3: Hormigón h-25.
- i8: Corta-gotera.
- j1: Herraje.
- j2: Perno de sujeción.
- j3: Perno de anclaje.



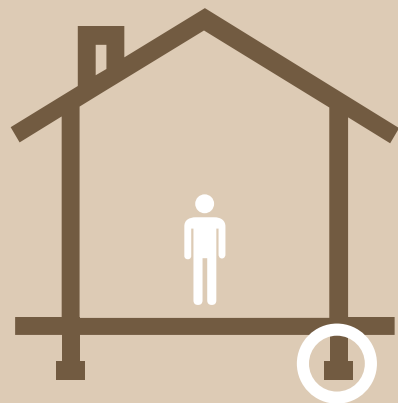
## ISOTERMAS

Las curvas de temperaturas, o isotermas, muestran claramente que la incorporación de componentes aislantes en la cara externa del sobrecimiento, al interior del tabique perimetral y bajo el radier, permiten que las curvas con temperaturas sobre  $15^{\circ}\text{C}$  se mantengan al interior de los componentes aislantes de manera continua. Es decir, se tienen isotermas de  $15^{\circ}\text{C}+$  continuas al interior de los materiales aislantes.



## TERMOGRAFÍA

La imagen termográfica de temperaturas muestra el efecto de masa térmica adicionada por la aislación continua. La solución permite que las temperaturas de confort se mantengan al interior (bandas color amarillo a rojo) de manera continua, sin existencia de puentes térmicos.



# A.FUNDACIONES



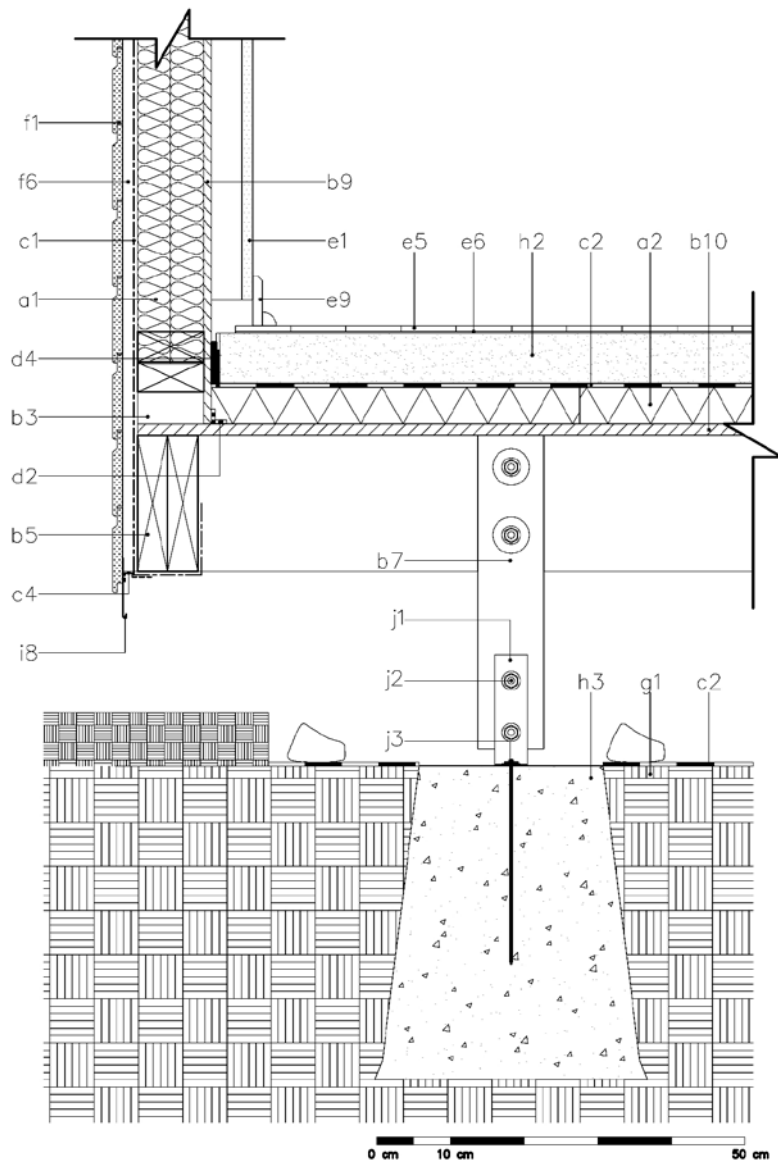


## Fundación con Pilotes

La solución de piso ventilado supone siempre una dificultad adicional al plantear que el edificio estará expuesto en todas sus caras al ambiente, aumentando la incidencia de puentes térmicos.

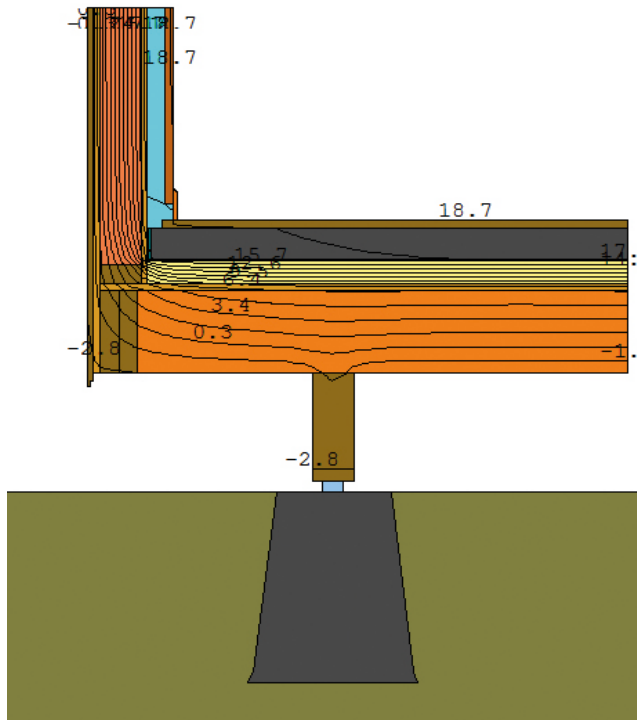
El detalle, muestra la solución de una losa ventilada unida a un muro, a través de las vigas de piso y el panel de tabique perimetral. El paramento, en su parte interior, cuenta con un espacio para las instalaciones que evita las perforaciones de la estructura, permitiendo la continuidad de la placa de OSB. Entre placas de OSB se utilizan cintas de hermeticidad, para evitar las infiltraciones de aire.

La fundación con pilotes plantea un sistema constructivo a modo de plataforma, dejando de base el OSB. Sobre ellas se disponen las capas que componen el piso, siendo el OSB la primera barrera contra la intemperie. Se incorporan paneles rígidos de lana de vidrio, que genera la aislación necesaria para un piso ventilado.



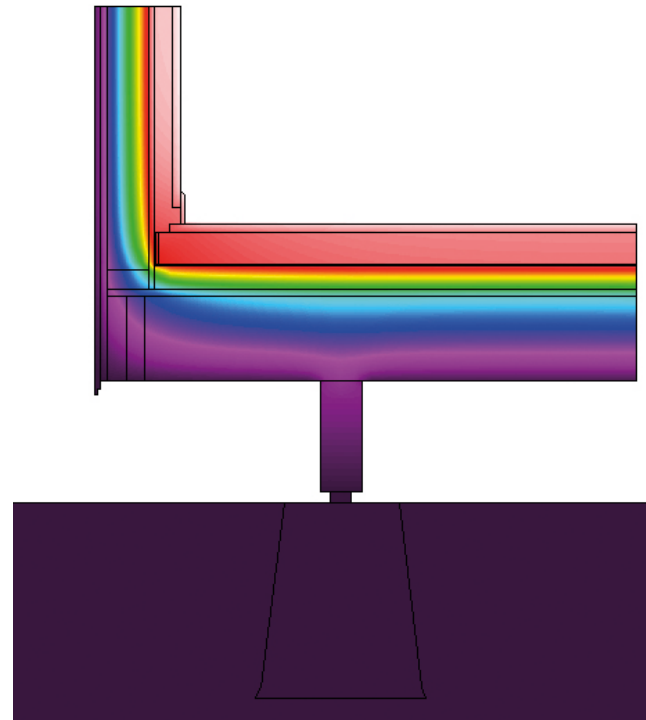
## Nomenclatura

- a1: Lana mineral e=50 mm.
- a2: Lana de vidrio, panel rígido e= 50 mm.
- b3: 2x4" (41 x 90 mm).
- b5: 2x8" (41 x 185 mm).
- b7: Pieza de madera modificada.
- b9: Tablero de OSB estructural, e=11mm.
- b10: Tablero de OSB estructural, e=15mm.
- c1: Barrera de aire (viento).
- c2: Polietileno.
- c4: Malla contra insectos.
- d2: Cinta de hermeticidad.
- d4: Franja de Poliestireno expandido.
- e1: Panel de Yeso-Cartón RF, e=15mm.
- e5: Terminación de piso.
- e6: Espuma Niveladora.
- e9: Guardapolvos.
- f1: Revestimiento exterior.
- g1: Suelo natural compactado.
- h2: Hormigón h-10.
- h3: Hormigón h-25.
- i8: Corta- gotera.
- j1: Herraje.
- j2: Perno de sujeción.
- j3: Perno de anclaje.



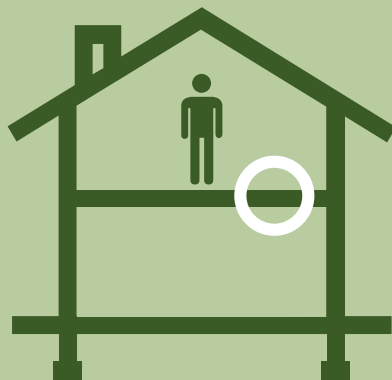
## TERMOGRAFÍA

La imagen termográfica muestra el efecto de masa térmica que genera la propuesta de aislación en piso ventilado. Podemos observar también una envolvente continua que aísla adecuadamente el recinto interior. Por lo tanto, la solución de fundación con pilotes es adaptable para zonas extremas, capaz de mantener un confort térmico interior a pesar de lo bajas que pueden ser las temperaturas.



## ISOTERMAS

Se realiza un corte a través de la estructura, incluyendo vigas y pilotes. Se observa que las isotermas forman curvas continuas que siguen la intersección entre tabique y piso, sin formarse desviaciones de curvas de temperatura hacia el exterior. Es decir, las curvas con temperaturas de confort se presentan desde el material aislante hacia el interior del recinto, brindando condiciones óptimas.



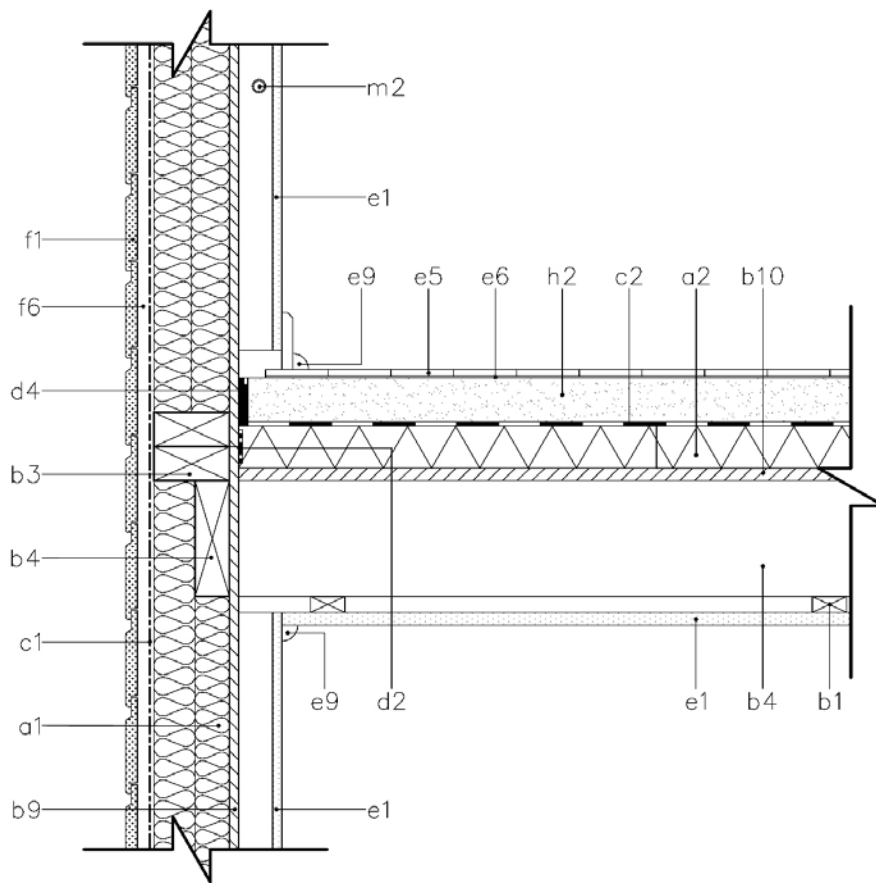
## B. ENTREPISOS



## Intersección con Paramento Exterior

En este detalle, podemos ver la intersección de un tabique perimetral con el entrepiso. Es un punto de unión de estructuras, tradicionalmente un punto crítico, por lo que es un área de “fuga de calor” (diposición del calor desde el interior al exterior por la estructura).

En este caso, las vigas de piso se conectan con una viga al interior del tabique, dispuesta de manera perpendicular. Ambos elementos de madera, se unen mediante una pletina metálica, para lograr darle una continuidad a las placas de OSB, que sólo se verían interrumpidas por los tornillos. En las capas interiores, se incorpora una loseta de hormi-gón liviano junto a una pieza azul, que representa poliestireno expandido de alta densidad para ayu-dar a que las vibraciones del entrepiso no se trans-mitan a la estructura principal. Además se incluye aislación rígida de fibra de vidrio que actúa como aislante acústico entre el primer y segundo nivel.

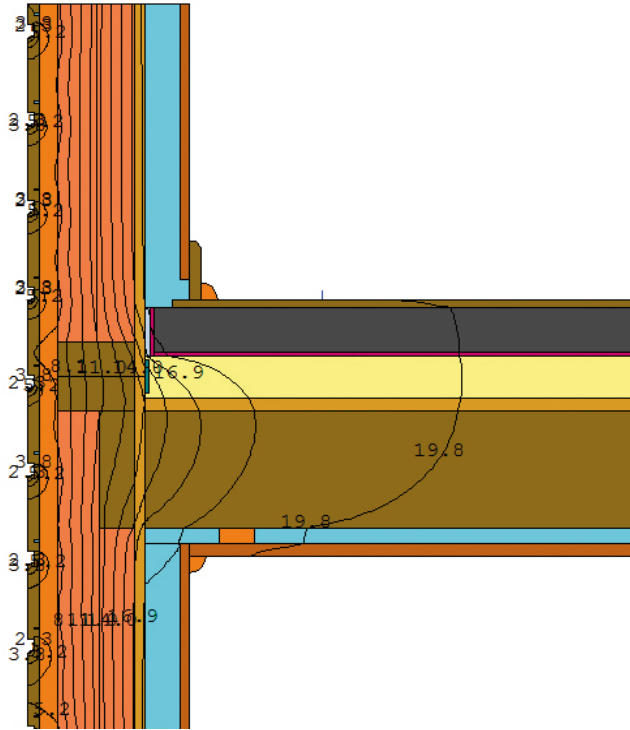


## Nomenclatura

- a1: Lana mineral e=50 mm.
- a2: Lana de vidrio, panel rígido e= 50 mm.
- b1: 1x2" (19 x 41 mm).
- b3: 2x4" (41 x 90 mm).
- b4: 2x6" (41 x 138 mm).
- b9: Tablero de OSB estructural, e=11mm.
- b10: Tablero de OSB estructural, e= 15mm.
- c1: Barrera de aire (viento).
- c2: Polietileno.
- d2: Cinta de hermeticidad.
- d4: Franja de poliestireno expandido.
- e1: Panel de yeso-cartón RF, e=15mm.
- e5: Terminación de piso.
- e6: Espuma niveladora.
- e9: Guardapolvos.
- f1: Revestimiento exterior.
- h2: Hormigón h-10.
- m2: conducto eléctrico.

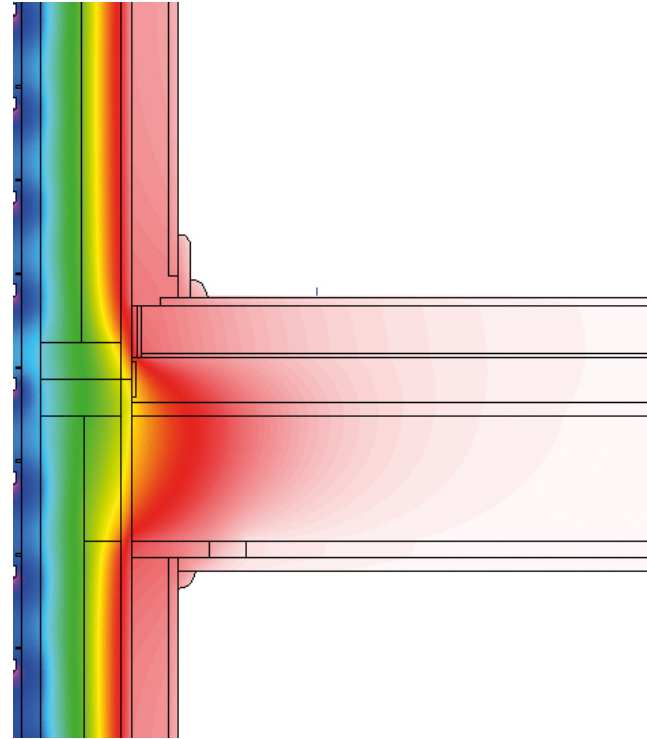






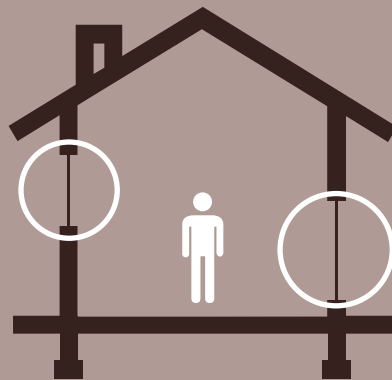
## ISOTERMAS

La solución constructiva muestra isotermas o curvas de temperatura continuas y constantes al interior del tabique perimetral. Se observa que al interior de la estructura de entrepiso existen curvas de temperatura de 19,8°C, mientras que las isotermas de 0°C se mantienen en las capas externas del paramento exterior.



## TERMOGRAFÍA

Se destaca la ausencia de puentes térmicos en la solución constructiva propuesta. Esto es gracias a la aislación continua, donde se plantea la incorporación de una capa del mismo espesor que los pies derechos en el tabique perimetral y el uso de aislación rígida en la estructura del entrepiso.



# C. PUERTAS Y VENTANAS

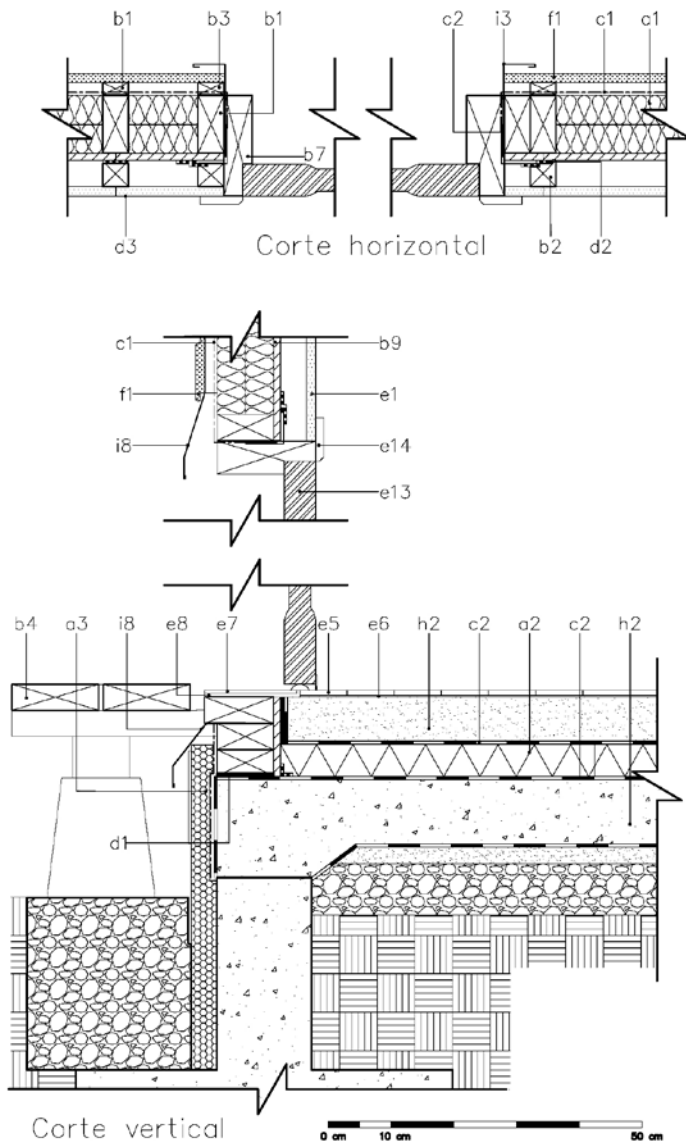


## Puerta Exterior

Este detalle, grafica el tabique perimetral, que cuenta con un vano de puerta, radier y la fundación. En el encuentro de estos elementos, comúnmente encontramos puentes térmicos. Es por esto, que la solución cuenta con un promuro exterior y una membrana, que protege la unión entre el tabique perimetral y el cimiento de posibles puentes térmicos e infiltraciones de agua.

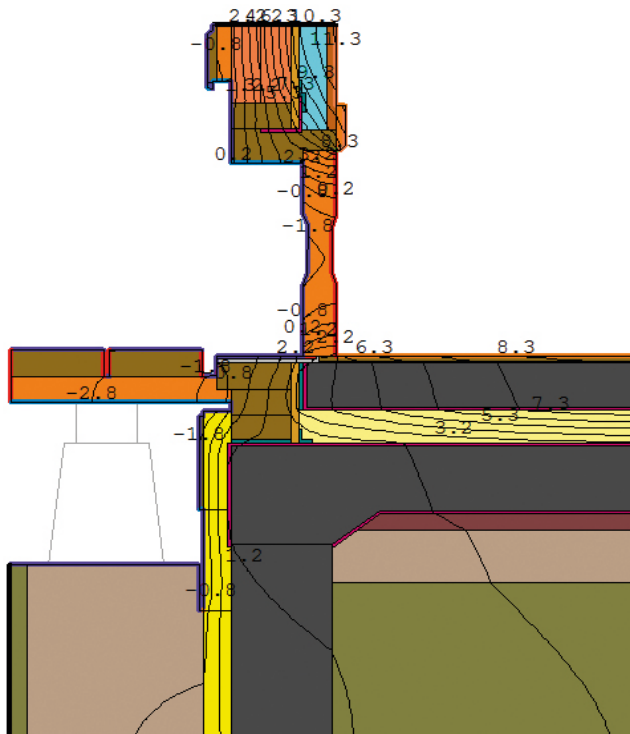
La losa, presenta una solución de alto estándar al tener radier, aislación rígida y luego una loseta de hormigón liviano. Lo que garantiza una buena protección de las pérdidas de calor.

En la solución del vano de la puerta, se debe tener en cuenta la incorporación de sellos de hermeticidad y de burletes, que evitarán las pérdidas de calor. Las perforaciones, como vanos de puertas y ventanas, son críticos. Esta puerta, va endosada a un marco metálico exterior, que tiene un cortagotera en la parte superior del dintel para proveer protección de agua lluvia.



## Nomenclatura

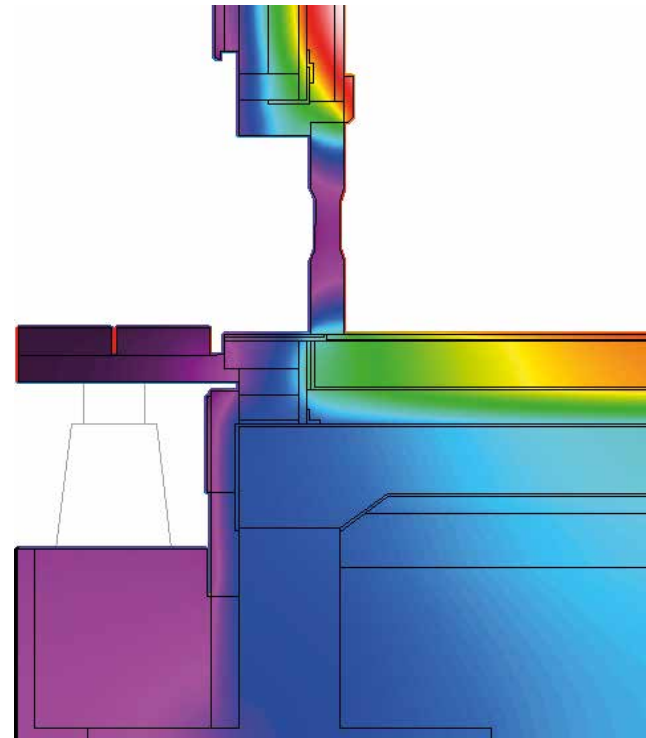
- a1: Lana mineral e=50 mm.
- a2: Lana de vidrio, panel rígido e= 50 mm.
- a3: Poliestireno expandido, e=50mm.
- b1: 1x2" (19 x 41 mm).
- b2: 2x2" (41 x 41 mm).
- b3: 2x4" (41 x 90 mm).
- b4: 2x6" (41 x 138 mm).
- b7: Pieza de madera modificada.
- b9: Tablero de OSB estructural, e=11mm.
- c1: Barrera de aire (viento).
- d1: Lámina de caucho.
- d2: Cinta de hermeticidad.
- d3: Cinta sello yeso- cartón.
- e1: Panel de yeso-cartón RF, e=15mm.
- e5: Terminación de piso.
- e6: Espuma niveladora.
- e7: Terminación cerámica.
- e8: Base para cerámica.
- e9: Guardapolvos.
- e13: Puerta exterior.
- e14: Marco.
- f1: Revestimiento exterior.
- h2: Hormigón h-10.
- i3: Forro metálico.
- i8: Corta- gotera.



## ISOTERMAS

Las isotermas en los complejos constructivos de tabique perimetral y radier/fundación se comportan de manera eficiente, manteniendo isotermas de 19°C en las superficies internas.

Se observan mayores fluctuaciones en la hoja de la puerta, por cuanto es necesario considerar y se recomienda el uso de puertas con aislación térmica incorporada.



## TERMOGRAFÍA

La imagen termográfica revela que el uso de burletes o sellos, cumple con el objetivo de aminorar la disipación de puentes térmicos (punto de unión puerta / piso), por lo que se recomienda su uso. Se observa un buen comportamiento en la distribución de temperaturas, tanto en tabique perimetral como en complejo de piso.



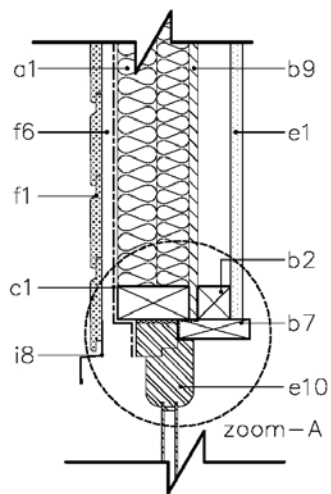
## Ventana a Eje

Este detalle muestra los elementos principales en una ventana, encuentro entre tabique perimetral / vano de ventana. Se debe destacar, al igual que las puertas, que son puntos críticos de disipación de calor. Sus sistemas de apertura, el marco, el tipo de hoja y la evacuación de aguas lluvias, pueden llegar a ser puntos de infiltraciones. Se sugiere que la ventana sea termopanel, marco de PVC, con apertura abatible. Esta apertura, es la que mejor funciona frente a las pérdidas de calor, no así la corredera que tiene una respuesta ineficiente.

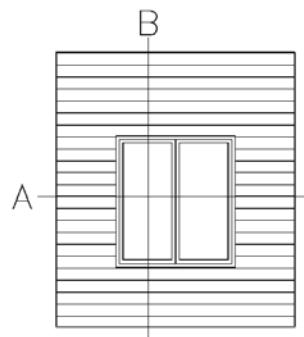
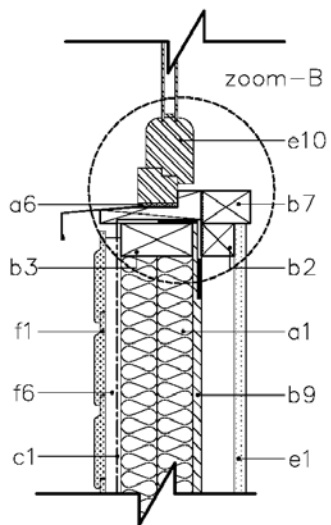
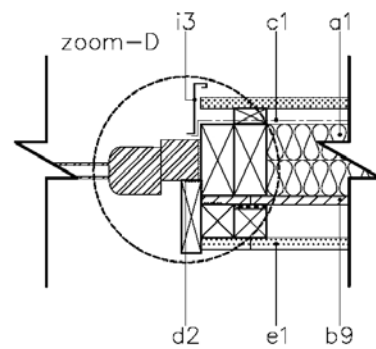
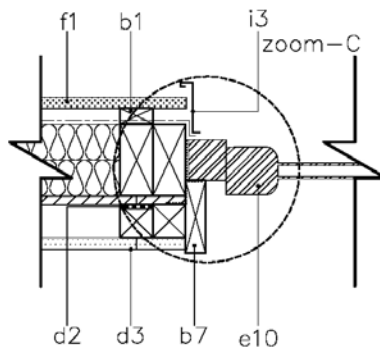
Para complementar lo anteriormente mencionado, esta ventana es enmarcada con piezas metálicas por el exterior, incorporando un alfeizar con corta gotera para evitar la filtración de aguas lluvias. También, en el marco de la ventana, se utilizan dos cintas de hermeticidad para evitar infiltraciones de aire; una de espuma y otra tipo rejilla. Éstas sirven para asegurar la continuidad de la barrera de aire en distintos puntos e interfaces entre la ventana y los materiales del tabique exterior.

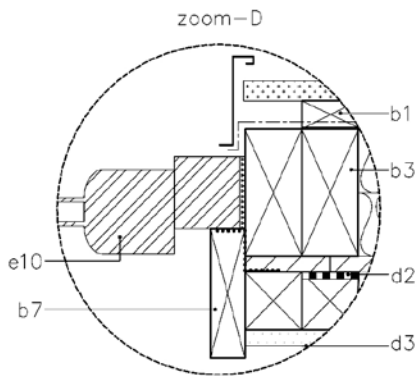
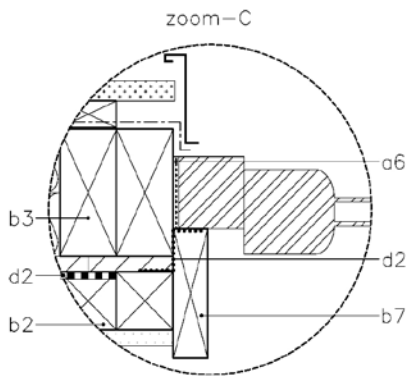
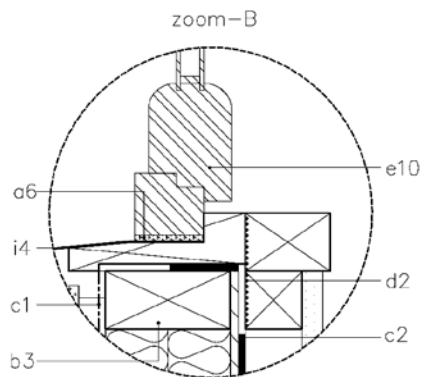
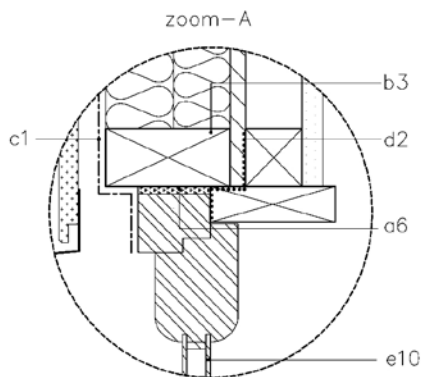


# Corte vertical B



# Corte horizontal A



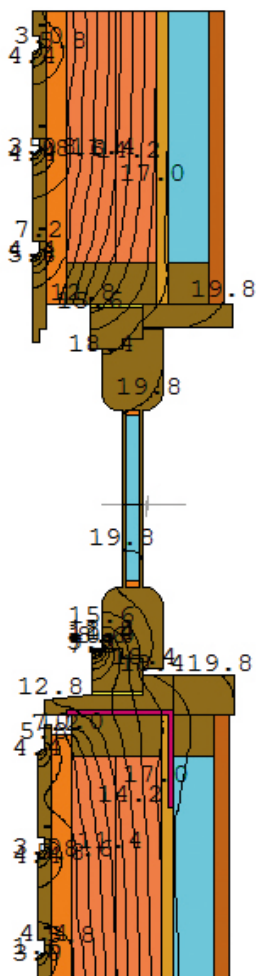


## Nomenclatura

- a1: Lana mineral e=50 mm.
- a6: Poliuretano.
- b1: 1x2" (19 x 41 mm).
- b2: 2x2" (41 x 41 mm).
- b3: 2x4" (41 x 90 mm).
- b7: Pieza de madera modificada.
- b9: Tablero de OSB estructural, e=11mm.
- c1: Barrera de aire (viento).
- c2: Polietileno.
- d2: Cinta de hermeticidad.
- d3: Cinta sello yeso- cartón.
- e1: Panel de Yeso-Cartón RF, e=15mm.
- e9: Guardapolvos.
- e10: Ventana termopanel.
- f1: Revestimiento exterior.
- h2: Hormigón h-10.
- i3: Forro metálico.
- i4: manta metálica.
- i8: Corta- gotera.

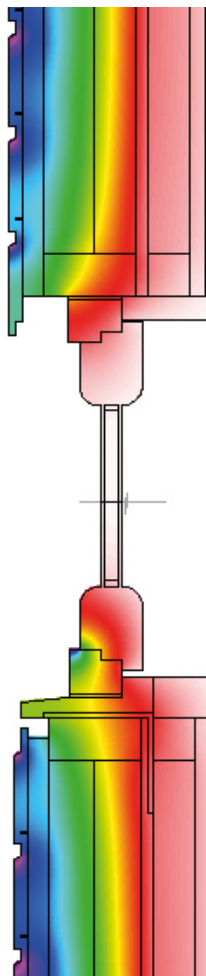
## ISOTERMAS

Estas isotermas muestran una distribución uniforme al interior del tabique perimetral, debido a que existe una capa de lana mineral de 50mm de espesor. Mayores fluctuaciones se presentan en rasgos de la ventana, al existir una mayor variación geométrica de los elementos constructivos.



## TERMOGRAFÍA

La distribución de bandas de temperatura muestra una distribución de temperaturas de confort hacia el interior del paramento, es decir, al interior del recinto se mantiene una temperatura de confort de 20°C (temperatura interior de análisis). La posible incidencia de puentes térmicos en la ventana es evitable mediante el uso de ventanas DVH con rotura de puente térmico, lo cual complementará el eficiente desempeño térmico de la solución de tabique perimetral.





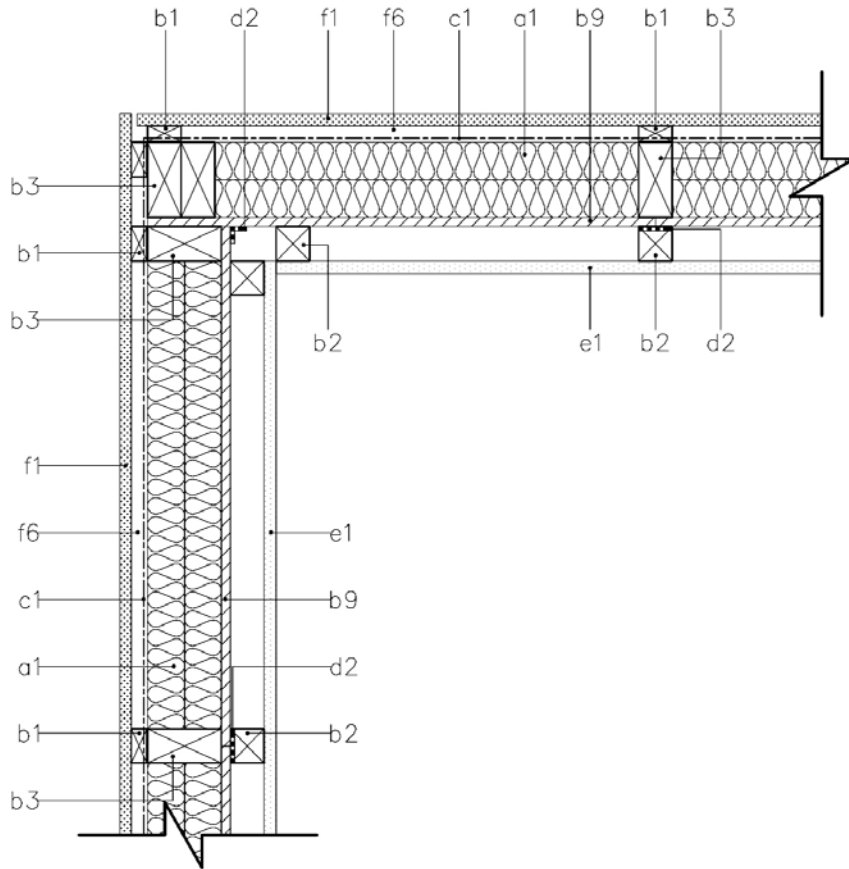
# D. TABIQUES



## Intersección Con Ángulo Igual a 90° (esquina muro)

En este detalle, se muestra la intersección de dos tabiques perimetrales, losa y fundación. En la solución estructural, se considera una esquina de doble pie derecho y doble listoneado, para reforzarla. La fachada es ventilada, es decir, hay una cámara de aire, entre la barrera de humedad y la terminación de revestimiento. Esto permite que el aire circule, permitiendo ventilación constante evitando así el sobrecalentamiento del tabique y evitar patologías relacionadas con la humedad.

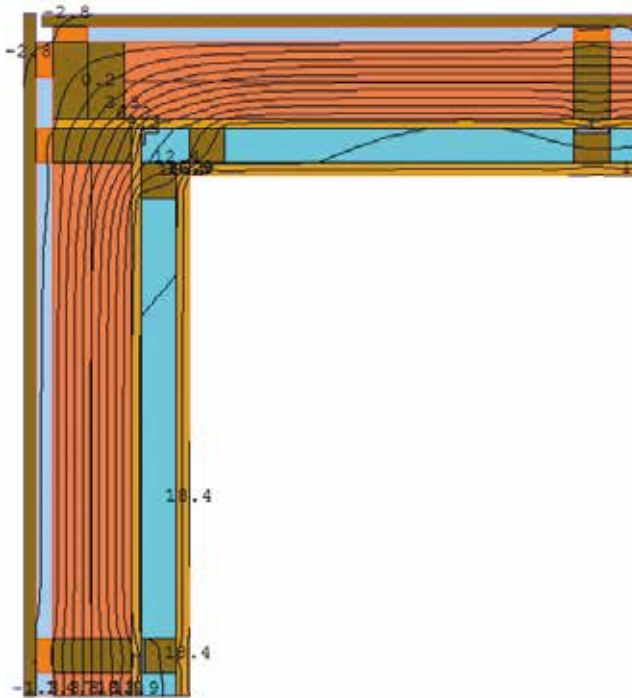
30 cms es una distancia óptima entre el revestimiento de madera y la grava donde escurre el agua lluvia. Así se evita que las salpicaduras de agua no lleguen a la madera y ésta tenga una vida útil más prolongada.



## Nomenclatura

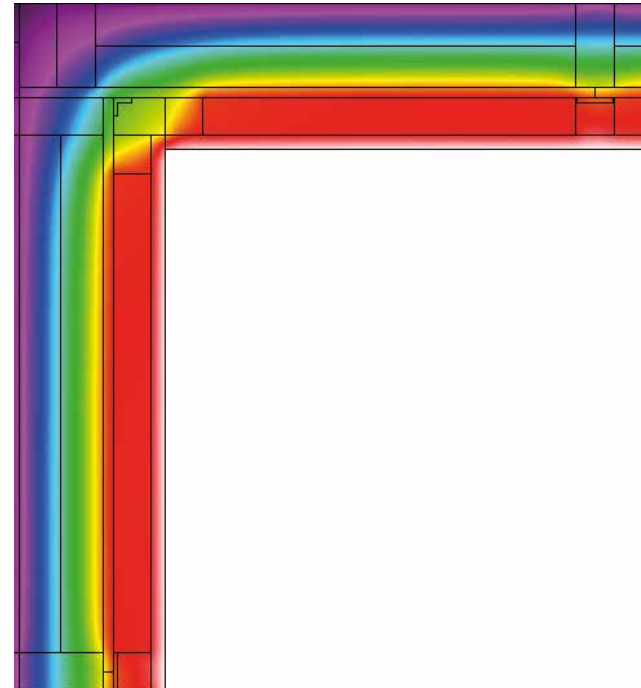
- a1: Lana mineral e=50 mm.
- b1: 1x2" (19 x 41 mm).
- b2: 2x2" (41 x 41 mm).
- b3: 2x4" (41 x 90 mm).
- b9: Tablero de OSB estructural, e=11mm.
- c1: Barrera de aire (viento).
- d2: Cinta de hermeticidad.
- e1: Panel de Yeso-Cartón RF, e=15mm.
- f1: Revestimiento exterior.





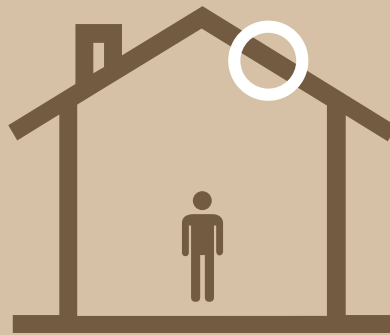
## ISOTERMAS

Podemos observar que la distribución de curvas de temperatura o Isotermas al interior del paramento es uniforme. La solución constructiva casi no tiene fluctuaciones; se distingue una distribución clara de temperaturas, que va de menor (exterior) a mayor (interior), por lo que se tiene un desempeño eficiente de la propuesta constructiva en el punto crítico de encuentro de paramentos.



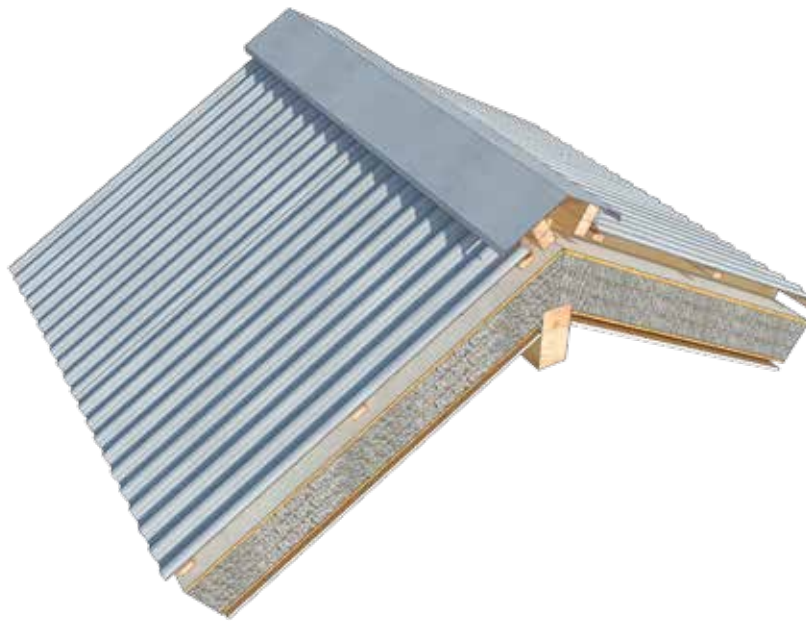
## TERMOGRAFÍA

Las bandas térmicas corroboran el buen desempeño de la solución constructiva planteada para el encuentro de tabiques perimetrales. Se observa claramente que la temperatura de confort (banda roja), se dispone hacia el interior del recinto, mientras que la oscilación térmica se produce en la capa aislante externa (bandas magenta a morado).



# E. TECHUMBRE



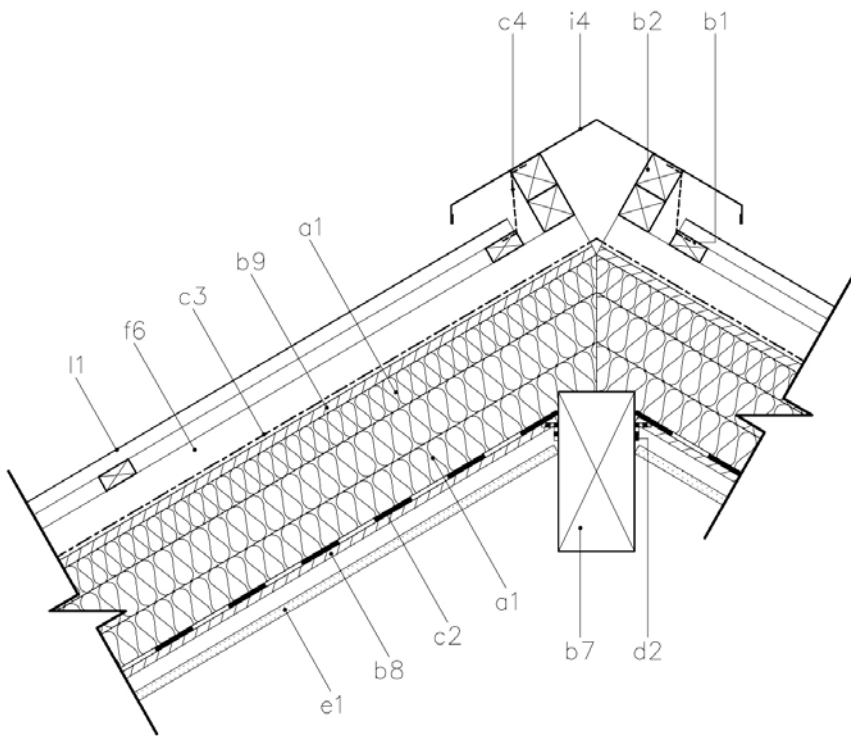


## E.06 Cumbre

Considerando que el flujo de disipación de calor, desde el interior de un recinto, tiende a un flujo ascendente, el complejo de cubierta es una zona de vital importancia a la hora de proteger de la incidencia de puentes térmicos.

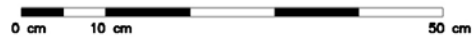
Es por esto, que la solución que se muestra en este detalle, tiene mayor aislación térmica que los tabiques perimetrales. La aislación se encuentra entremedio de dos tableros estructurales de OSB de 9mm de espesor, lo que brinda rigidez y arriostra.

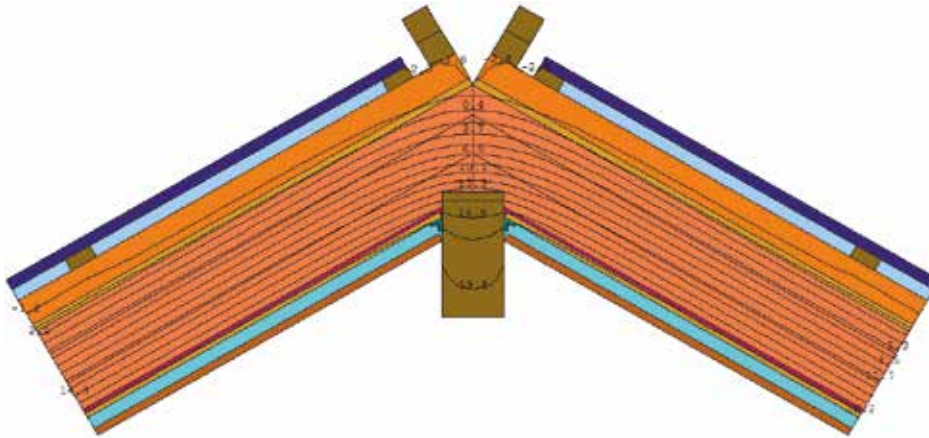
Estructuralmente cuenta con una viga maestra, donde se apoyan los paneles de cubierta. Al igual que en los paramentos verticales, se deja un espacio entre el OSB y el yeso cartón, para ocultar las instalaciones y no perforar los muros al momento de colocación. También, se incluye una cámara de aire, a partir de la separación entre la cubierta metálica y los elementos aislantes, ventilando a través de la cumbre con lo cual se evita la incidencia de condensaciones intersticiales y el sobrecalentamiento en verano.



## Nomenclatura

- a1: Lana mineral e=50 mm.
- b1: 1x2" (19 x 41 mm).
- b2: 2x2" (41 x 41 mm).
- b7: Pieza de madera modificada.
- b8: Tablero de OSB estructural, e=9mm.
- b9: Tablero de OSB estructural, e=11mm.
- c2: Polietileno.
- c3: Membrana asfáltica bituminosa.
- c4: Malla contra insectos.
- d2: Cinta de hermeticidad.
- e1: Panel de Yeso-Cartón RF, e=15mm.
- i4: Manta metálica.
- l1: Plancha de zinc toledana estándar.



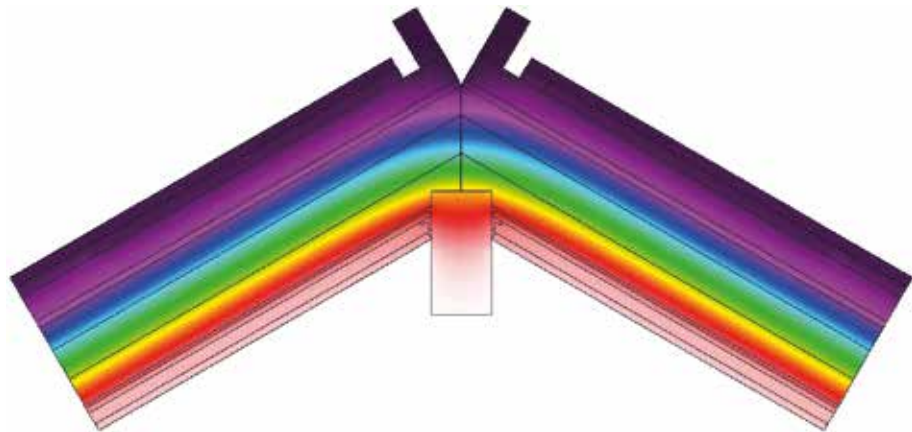


## ISOTERMAS

Debido al espesor otorgado por las capas de los materiales y una mayor cantidad de aislante que en los paramentos, las isotermas presentan una distribución uniforme. Esta distribuye la temperatura de manera progresiva desde el exterior hacia el interior, esto provoca que hacia el interior del recinto se disponga de isoterma correspondientes a 19°C.

## TERMOGRAFÍA

La composición material y la masa térmica que aportan las capas aislantes, permiten la total ausencia de puentes térmicos en la solución de cubierta propuesta. Se observa claramente bandas de temperatura del orden de 19-20°C en las superficies de cielo inclinado. Por tanto, el desempeño térmico de la solución de cubierta es óptimo.





F. TERRAZA

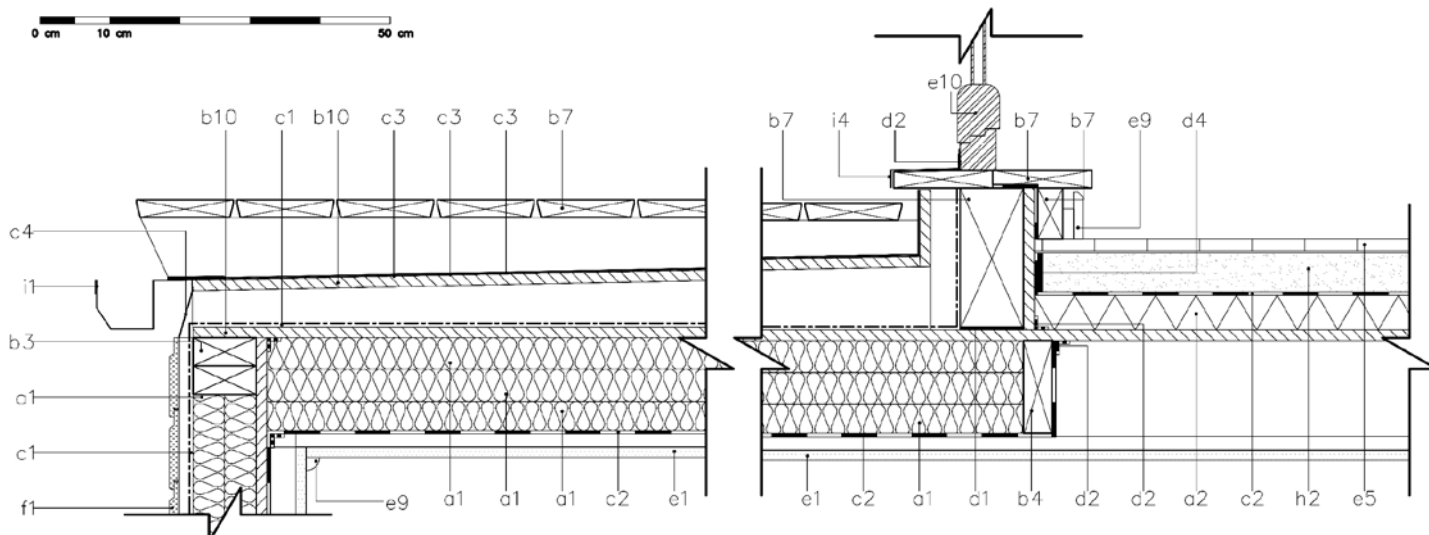


## Balcón Segundo Piso Sobre Recinto Habitado

Este detalle, muestra una solución integral para un balcón sobre un recinto habitado. Incorpora fachada ventilada para el paramento vertical de recinto habitado y encuentro de plataforma de balcón / entepiso interior, con encuentro de puerta abatible.

Al igual que la solución de cubierta, lleva una capa de aislación, mayor a la de los muros para disminuir las pérdidas de calor. Este balcón, cuenta con una cámara de aire en la envolvente.

Al tener un entablado tipo “deck” se incluye una membrana bituminosa, que sirve para evitar las filtraciones de agua líquida hacia el interior. En la unión del balcón y la ventana termopanel, existe una gran viga de madera, que soporta la ventana y evita los puentes térmicos al interior de la vivienda. Y al igual que las soluciones de revestimiento interior, se deja un espacio para las instalaciones.



## Nomenclatura

a1: Lana mineral e=50 mm.

a2: Lana de vidrio, panel rígido e= 50 mm.

b3: 2x4" (41 x 90 mm).

b4: 2x6" (41 x 138 mm).

b7: Pieza de madera modificada.

b10: Tablero de OSB estructural, e=15mm.

c1: Barrera de aire (viento).

c2: Polietileno.

c3: Membrana asfáltica bituminosa.

c4: Malla contra insectos.

d2: Cinta de hermeticidad.

d4: Franja de Poliestireno expandido.

e1: Panel de Yeso-Cartón RF, e=15mm.

e5: Terminación de piso.

e9: Guardapolvos.

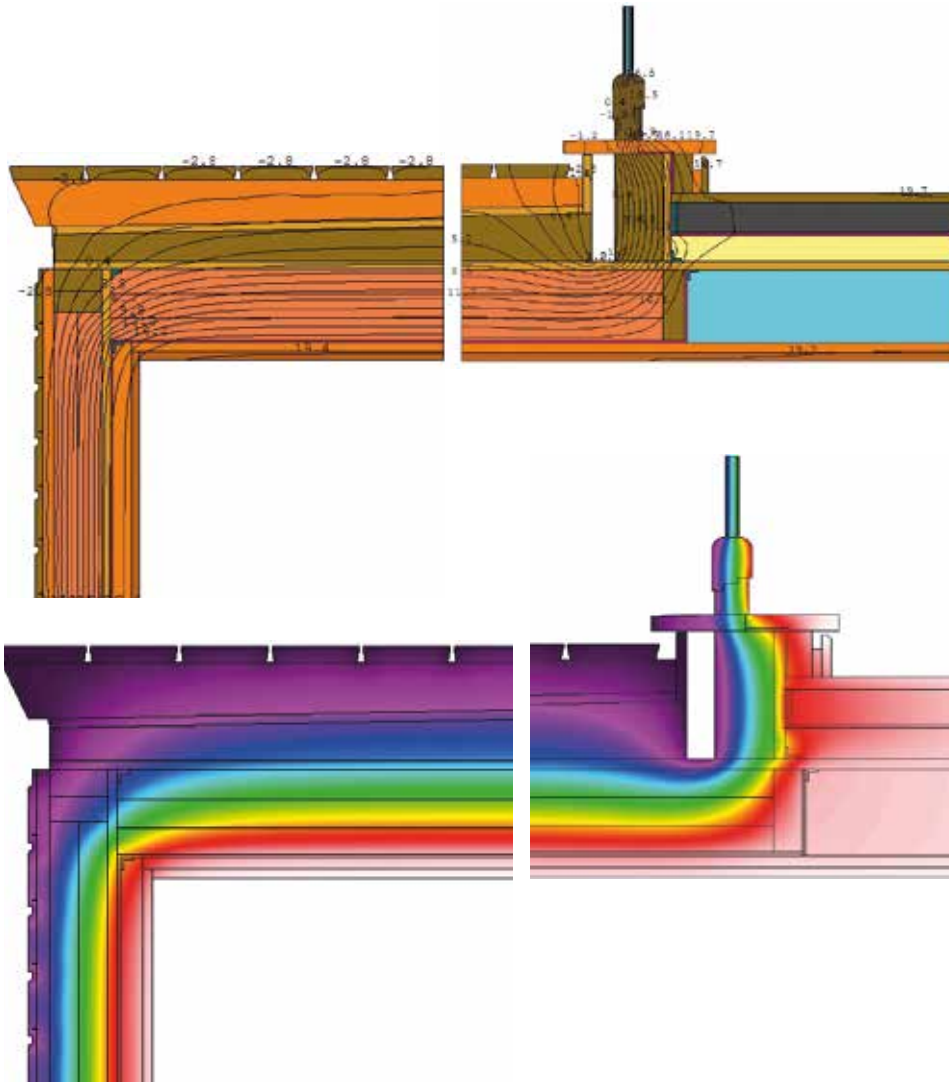
e10: Ventana termopanel.

f1: Revestimiento exterior.

h2: Hormigón h-10.

i1: Canal de aguas lluvias.

i4: Manta metálica.



## TERMOGRAFÍA

Se destaca la ausencia de puentes térmicos en la solución constructiva propuesta. Esto es gracias a la aislación continua, donde se plantea la incorporación de una capa del mismo espesor que los pies derechos en el tabique perimetral y el uso de aislación rígida en la estructura del entrepiso.

## ISOTERMAS

La solución constructiva muestra isotermas o curvas de temperatura continuas y constantes al interior del tabique perimetral. Se observa que al interior de la estructura de entrepiso existen curvas de temperatura de 19°C, mientras que las isotermas de 0°C se mantienen en las capas externas del paramento exterior.



# GLOSARIO



## Aislación

Es el proceso de oponerse al paso del calor, electricidad o sonido, evitando que se propague.

## Aislación Térmica

Es la capacidad que tiene un material para oponerse al paso del calor y que en construcción se refiere al intercambio de energía calórica entre el ambiente interior y el exterior.

## Alféizar

Elemento de la construcción que se sitúa en el sector inferior de una ventana y que cubre el antepecho.

## Barrera de humedad

Es una membrana que recubre los muros perimetrales y techumbres de la edificación por su cara exterior. Su propósito es evitar el paso del agua y el viento hacia el interior de la vivienda y dejar salir el vapor que se pueda generar al interior del muro para permitir que se seque.

## Barrera de vapor

Es una membrana que recubre los muros perimetrales y techumbres de la edificación por su cara interior. Su propósito es evitar que el vapor que se genera al interior de la vivienda pase hacia el muro perimetral y condense. Esta capa es reponsable también de limitar las infiltraciones de aire.

## Caballote/Cumbrera

Viga que conecta y soporta los faldones una cubierta por la parte más alta.

## Cámara ventilada

Cámara que es necesaria para una ventilación entre el aislamiento térmico y el revestimiento de la cubierta o del muro perimetral.

## Canaleta

Es un conducto que recibe y conduce agua.

## Certificación de eficiencia energética

El certificado de eficiencia energética o certificado energético es un documento oficial que incluye información objetiva sobre las características energéticas de un inmueble.

## Cielo

Elemento constructivo situado a cierta distancia por debajo del techo. Es la superficie visible de la techumbre por el interior.

## Cubierta

La cara superior de la techumbre. Necesita estar formada por materiales de gran resistencia a las variaciones térmicas, viento, UV y agua.

## Condensación intersticial

Condensación que se produce al interior de un muro o material, producto de una mala barrera de vapor y del enfriamiento del aire al interior del tabique.

## Entramado liviano

Estructura de apoyo realizada principalmente de pie derechos de madera y placas, sin la presencia de elementos de mayor sección

## Entrepiso

Conjunto de elementos que conforman un plano horizontal rígido que separa un piso de otro, apoyado sobre los muros estructurales del piso inferior.

## Envolvente

Conjunto de muros, techos y pisos que están en contacto con el exterior.

## Fachada Ventilada

Fijación de un revestimiento exterior distanciado del muro envolvente, con aperturas superiores e inferiores que permiten la libre circulación de aire. Esto permite proteger del sobrecalentamiento en verano, secar el agua que pueda entrar en contacto con el muro y eliminar el exceso de humedad

## Madera aserrada

En construcción la madera aserrada deberá estar seca de acuerdo a la humedad de equilibrio, dimensionada de acuerdo a la norma, con clasificación estructural, libre de defectos y de formaciones.

## Solera

Pieza de madera que se coloca horizontal en la parte superior o inferior de un muro en el mismo sentido de éste. También es llamada durmiente.

## Termografía

Técnica que permite medir temperaturas a distancia mediante la una cámara de radiación infrarroja. Permite obtener información exacta, sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar.

## Viga

Elemento arquitectónico rígido, generalmente horizontal, proyectado para soportar y transmitir las cargas transversales a que está sometido hacia los elementos de apoyo.

## Xilófagos

Insectos que se alimentan de madera y causan daños que disminuyen la vida útil del material. Los principales agentes son termitas, coleópteros y hongos.

# BIBLIOGRAFÍA

BUSTAMANTE, Waldo., et al, (2009). Guía de Diseño para la eficiencia energética de la vivienda social. (Serie II Tecnología de la Construcción)Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Stgo de Chile.

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA, CORMA (2007), La construcción de Viviendas en madera. Santiago, Chile.

CENTRO DESARROLLO TECNOLÓGICO (CDT), CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN (CCHC) (2012). Humedad por Condensación en Viviendas , prevención y soluciones. Área comunicaciones CDT., N°29 (Serie de documentos técnicos CDT) Santiago, Chile.

CITEC UBB, DECON UC (2014), Manual de hermeticidad al aire de edificaciones. Editora: Maureen Trebilcock. Concepción, Chile.

INFORMATIONSVEREIN HOLZ E.V, Holzrahmenbau. Holzbau HandbuchReihe 1Teil 1 Folge 7, Alemania.

INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN (2006), Manual de Aplicación Reglamentación Térmica. Santiago, Chile.

INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN, CITEC, DECON, DICTUC E IDIEM (2012), Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos. Santiago, Chile. .

INSTITUT FÜR HOLZBAU (2010), hochshule Biberach. Informations dienst HOLZ: Brettsperholz. Baden-Württemberg, Institut für Holzbau.

FRITZ, A, UBILLA,M. Manual de diseño, construcción, montaje y aplicación del muro envolvente. Diseño por envolvente para la vivienda de madera. Fondef D03/1020. PUC, CIDM UC & Corma. Stgo. Chile.

HEMPEL, Ricardo (2008), Entramados de madera - libro 01 Ediciones Universidad del BíoBío. Concepción, Chile.

HEMPEL, R, HATT, T, SAELEZWER, G, SCHMIDT, P, WEGERTSEDER, P., (2013), El estándar Passivhaus en Chile. Concepción, Chile. HERZOG, NATTERER, SCHWEITZER, VOLZ, WINTER, (2004), Timber Construction manual. Edition Detail, Alemania.

KOLB, Josef (2008). Systems in Timber Engineering. Zurich, Suiza / Munchen, Alemania, Lignum.

DATOS INSTITUTO METEOROLÓGICO DE CHILE.  
Web: [www.meteochile.cl](http://www.meteochile.cl)

SIGA, Protección para la vivienda. Salud. Clima.  
Web: <http://www.siga.ch>

PROCLIMA SOLUCIONES. Web: <http://fr.proclima.com>

ROTHO BLAAS. Proproductos para profesional de la madera.  
Web: <http://www.rothoblaas.com/es>

CTE Arquitectura. Documentos y soluciones.  
Web: [www.carpinteriascte.com](http://www.carpinteriascte.com)

PASSIVHAUS INSTITUT, Eficiencia energética en edificios.  
Web: [www.passiv.de](http://www.passiv.de)

PASSIVHAUS CHILE. Eficiencia energética en edificios.  
Web: <http://passivhaus-chile.cl>

MUÑOZ, C. BOBADILLA, A (2011). "Simulación y evaluación de puentes térmicos: Soluciones constructivas típicas aprobadas por la Norma Térmica para elementos verticales en estructura de madera y metálicos en la Zona 4 Simulaciones con Therm y Usai y evaluación con Método de Cámara Térmic" Universidad del Bío Bío

Organizan



Universidad de Concepción  
CHILE



POLOMADERA

HBC.  
HOCHSCHULE  
BIBERACH  
UNIVERSITY  
OF APPLIED SCIENCES

Proyecto apoyado por



CORFO

SERCOTEC

INNOVA  
BIOBIO

El Sur

Media Partner

Colaboran

FaUg

Instituto de Arquitectura  
Urbanismo y Geografía



INFOR

CDT



Colegio de Arquitectos  
de Chile - Delegación  
Concepción

LP

LABORATORIO



CMPC  
MADERAS



PymeMad