

Centro UC de Innovación en Madera

Informe N° 202317

**Estudio cálculo de condensación soluciones
constructivas con estructura de entramado de
madera y aislante fibras naturales Aislacor -
Aplicación en PDA Concepción y Coihaique.
para para AISLACOR SPA.**

1. Título del Proyecto. Estudio cálculo de condensación soluciones constructivas con estructura de entramado de madera y aislante fibras naturales Aislacor - Aplicación en PDA Concepción y Coyhaique.	2. Cuerpo del informe 19 hojas (incluye portada)
3. Autor(es) Diego José Maige Jadue Jefe área Tecnologías - Subdirección de Transferencia CIM	4. Contrato/Orden de Compra Interno
5. Nombre y dirección de la organización investigadora Nombre: Centro UC de Innovación en Madera (CIM). Dirección: Vicuña Mackenna N° 4860, Macul, Santiago Nombre profesional especialista: Diego José Maige Jadue RUT profesional especialista: 18.167.885-2	6. Fecha del informe 25 de septiembre de 2023
7. Antecedentes de la Institución Mandante Nombre: AISLACOR SPA Dirección: Arturo Prat 930, Concepción RUT: 77.667.096-0	8. Contraparte técnica Cecilia Fuentealba
9. Resumen El presente documento presenta una memoria respecto a los requerimientos constructivos de viviendas sometidas al plan de descontaminación ambiental de la ciudad de Concepción y Coyhaique	



FELIPE VICTORERO C., MSc

Sub Director transeferencia

Centro UC de Innovación en Madera

FVC/fvc

"La información contenida en el presente informe constituye el resultado de un estudio realizado por el Centro UC de Innovación en Madera, lo que en ningún caso permite al solicitante afirmar que sus productos han sido certificados por el Centro UC de Innovación en Madera, ni reproducir total o parcialmente el logo o marca, sin la autorización previa y por escrito del Centro UC de Innovación en Madera"

Normas Generales

- El presente informe expone los resultados finales del estudio “**Cálculo de condensación soluciones constructivas con estructura de entramado de madera y aislante fibras naturales Aislacor - Aplicación en PDA Concepción y Coyhaique**”, desarrollado durante el período Julio/2023 a Septiembre/2023.
- El presente informe fue preparado por el **Centro UC de Innovación en Madera (CIM)** a solicitud del **AISLACOR SPA** para uso a definir por éste, bajo su responsabilidad exclusiva.
- Los alcances de este estudio están definidos explícitamente en la Sección Alcances del presente informe. Las conclusiones de este informe se limitan a la información disponible para su ejecución.
- Para el desarrollo de este estudio **CIM** utilizó la información individualizada en los Anexos. Dichos anexos identifican además las fuentes que proporcionaron dichos antecedentes.
- Las metodologías utilizadas en el desarrollo del trabajo son propiedad intelectual de **CIM** y se basan en las mejores prácticas para estudios de este tipo, en el actual estado del arte.
- La información contenida en el presente informe constituye el resultado de una asesoría que incluyó la realización de ensayos, calibraciones, inspecciones técnicas acotadas únicamente a las piezas, partes, instrumentos o procesos analizados, lo que en ningún caso permite al solicitante afirmar que sus productos han sido certificados por **CIM**.
- La información contenida en el presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente, para fines publicitarios, sin la autorización previa y por escrito de **CIM** mediante un Contrato de Uso de Marca.
- **AISLACOR SPA** podrá manifestar y dejar constancia verbal y escrita, frente a terceros, sean estas autoridades judiciales o extrajudiciales, que el trabajo fue preparado por **CIM**, y si decide entregar el conocimiento del presente informe de **CIM**, a cualquier tercero, deberá hacerlo en forma completa e íntegra, y no partes del mismo.
- El presente informe es propiedad de **AISLACOR SPA**, sin embargo, si **CIM** recibe la solicitud de una instancia judicial hará entrega de una copia de este documento al tribunal que lo requiera, previa comunicación por escrito a **AISLACOR SPA**.
- El presente informe es resultado de las metodologías desarrolladas por **CIM**, del alcance del informe encomendado y de los antecedentes que **AISLACOR SPA** puso a disposición de **CIM**. **SERVIU** acepta expresamente que los resultados del presente informe pueden en definitiva, no serles favorables a sus intereses particulares.

Contenido

1.	Introducción	5
2.	Objetivos.....	5
3.	Alcances	5
4.	Metodología.....	5
5.	Muros perimetrales.....	6
6.	Análisis muros	7
6.1	Muro tipo 1	7
6.2	Muro tipo 2.....	11
6.3	Muro tipo 3.....	15
7.	Descripción techumbres	19
7.1	Techumbre tipo 1.....	20
7.2	Techumbre tipo 2.....	24
7.3	Techumbre tipo 3.....	28
8.	Conclusiones	32
9.	Anexos.....	33
9.1	Ensayo conductividad térmica aislante fibras naturales Aislacor	33
9.2	Ensayo permeabilidad al vapor de agua aislante fibras naturales Aislacor	34

1. Introducción

AISLACOR SPA ha solicitado al Centro UC de Innovación en Madera, en adelante CIM, la ejecución de la asistencia técnica asociada al proyecto de soluciones constructivas con aislante de fibras naturales marca Aislacor. En este marco el presente documento hace referencia a una memoria de cumplimiento relativo al riesgo de condensación de las soluciones desarrollados en el proyecto, en el contexto de los planes de descontaminación atmosférico de Concepción y Coihaique, exponiendo los cálculos y análisis requeridos para su cumplimiento.

2. Objetivos

El objetivo del presente informe es detallar las capas de las soluciones constructivas con roles de barrera de vapor y barrera de humedad para eliminar los riesgos de condensación. Siempre, considerando el carácter empírico de los cálculos aquí expuestos y el hecho de no poder garantizar el fiel cumplimiento de las condiciones de borde en un eventual proyecto final.

3. Alcances

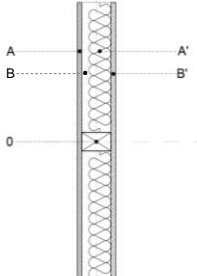
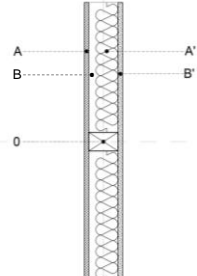
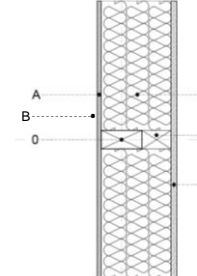
El presente documento considera una asesoría técnica en temas de desempeño ambiental de la Vivienda tipo rural industrializada, cuya ubicación no está definida. Esta asesoría se encuentra basada en antecedentes entregados por MINVU y elaborados por el equipo de arquitectura CIM, no considerando ensayos de ningún tipo, toma de muestras y/o estudios que no fueran especificados con anterioridad por ambas partes.

Es importante destacar que la ejecución de las recomendaciones de mejora señaladas por el estudio, son responsabilidad de quienes las realizan. Además, las mejoras de desempeño según estrategia, estudiada por el consultor en eficiencia energética, son netamente de carácter referenciales y no pueden ser garantizados sus impactos en el proyecto final.

4. Metodología

El presente estudio, considera los requerimientos establecidos los planes de descontaminación atmosférica para las comunas de Concepción (en adelante PDACon) y Coyhaique (en adelante PDACoy), en el Capítulo III del DS N°6 del 25 de enero de 2015, y normativa asociada.

5. Muros perimetrales

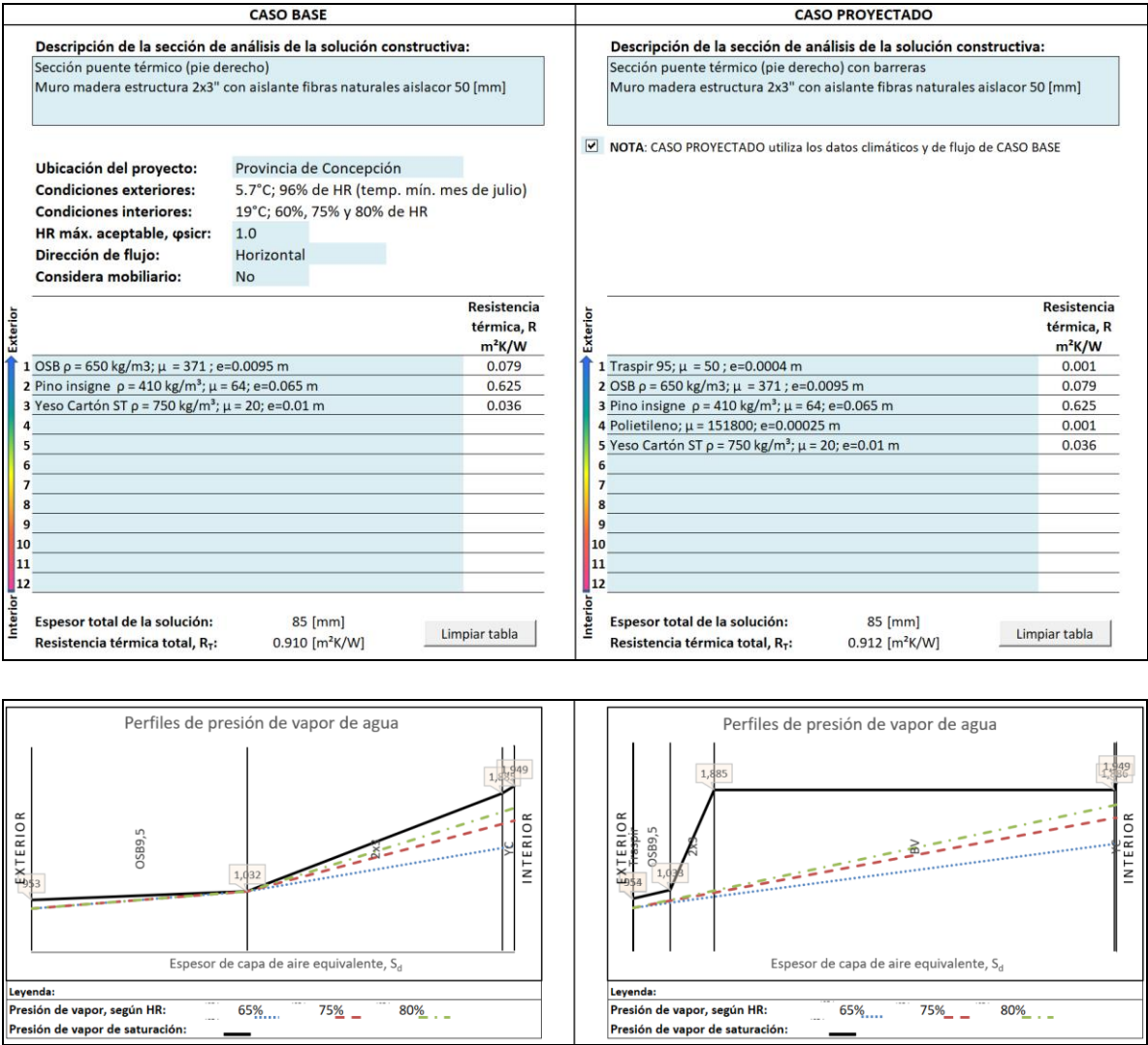
Capas		Tipo 1		Tipo 2		Tipo 3	
Detalles							
Localidad de análisis		Concepción		Concepción		Coihaique	
Exterior	Interfase 1	A) Placa OSB e = 9,5 [mm] ρ = 650 [kg/m3] Rt = 0,079 [m²K/W]		A) Placa OSB e = 9,5 [mm] ρ = 650 [kg/m3] Rt = 0,079 [m²K/W]		A) Placa OSB e = 9,5 [mm] ρ = 650 [kg/m3] Rt = 0,079 [m²K/W]	
	Interfase 2	B) Cámara aire no ventilada e = 15 [mm] Rt = 0,0155 [m²K/W]	0) Pie derecho madera 41x65 [mm] Rt = 0,0155 [m²K/W]	B) Cámara aire no ventilada e = 15 [mm] Rt = 0,0155 [m²K/W]	0) Pie derecho madera 41x65 [mm] e = 65 [mm] Rt = 0,0155 [m²K/W]	B) Cámara aire no ventilada e = 5 [mm] Rt = 0,105 [m²K/W]	0) Pie derecho madera 41x90 [mm] + Distanciador madera 41x155 [mm] e = 65 [mm] Rt = 0,0155 [m²K/W]
	Interfase 3	A') Aislante fibras naturales Aislacor e = 50 [mm] ρ = 55 [kg/m³] Rt = 1,389 [m²K/W]		A') Aislante fibras naturales Aislacor e = 50 [mm] ρ = 55 [kg/m³] Rt = 1,389 [m²K/W]		A') Aislante fibras naturales Aislacor e = 150 [mm] ρ = 55 [kg/m³] Rt = 4,167 [m²K/W]	
	Interior	Interfase 4	B) Placa yeso-cartón e = 10 [mm] ρ = 750 [kg/m³] Rt = 0,036 [m²K/W]		B) Placa yeso-cartón e = 12,5 [mm] ρ = 750 [kg/m³] Rt = 0,036 [m²K/W]		B) Placa yeso-cartón e = 12,5 [mm] ρ = 750 [kg/m³] Rt = 0,036 [m²K/W]
Espesor total solución		e = 84,5 [mm]		e = 87,0 [mm]		e = 177,0 [mm]	
Transmitancia		U = 0,61 [W/m²K]		U = 0,61 [W/m²K]		U = 0,26 [W/m²K]	
Memoria térmica		Informe N° 202308		Informe N° 202309		Informe N° 202313	
Emisor memoria térmica		CIM UC		CIM UC		CIM UC	
Espesor = e Resistencia térmica = Rt Transmitancia = U Densidad = ρ							

6. Análisis muros

Se realiza el cálculo de riesgo de condensación en 3 casos, considerando porcentaje de humedad relativa interior de 65%, 75% y 80%, tanto para la sección de puente térmico en pies derechos, como para la sección de aislación. Se expone en cada uno de estos un caso base sin barreras de vapor y barreras de humedad, y un caso proyecto incorporándolas para evitar el riesgo de condensación.

6.1 Muro tipo 1

A. Análisis sección puente térmico (pie derecho)



CASO BASE					CASO PROYECTADO				
Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva: Sección puente térmico (pie derecho) Muro madera estructura 2x3" con aislante fibras naturales aislacor 50 [mm]					Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva: Sección puente térmico (pie derecho) con barreras Muro madera estructura 2x3" con aislante fibras naturales aislacor 50 [mm]				
Calcular HR Cond.	Limpiar	Puntos de análisis			Calcular HR Cond.	Limpiar	Puntos de análisis		
HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	56%	HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	87%
Condensación superficial:	No	No	No	No	Condensación superficial:	No	No	No	No
Res. Térmica caso base	0.910	0.910	0.910	0.910	Res. Térmica caso proyectado	0.912	0.912	0.912	0.912
Res. Térmica total mín, $R_{T,min}$	0.257	0.382	0.490	0.193	Res. Térmica total mín, $R_{T,min}$	0.257	0.382	0.490	0.781
Condensación intersticial:	Sí	Sí	Sí	Sí	Condensación intersticial:	No	No	No	Sí
Detalle de interfases con condensación:					Detalle de interfases con condensación:				
Superficie exterior					Superficie exterior				
Interfase 1	X	X	X	X	Interfase 1				
Interfase 2					Interfase 2				
Superficie interior					Interfase 3				
					Interfase 4				X
					Superficie interior				
N° Interfaces condensación:	1	1	1	1	N° Interfaces condensación:	0	0	0	1
Total:	3 Interfases				Total:	0 Interfases			

Para eliminar el riesgo de condensación superficial y reducir el riesgo de condensación intersticial, en los escenarios de porcentaje de humedad relativa interior antes mencionados, para la sección de pie derecho se especifican las siguientes barreras:

- Barrera de vapor:
 - Instalada entre el entramado de madera (pies derechos) y la placa de revestimiento interior (yeso-cartón)
 - Polietileno:
 - Marca: Genérico
 - Espesor: 0,00025 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 151.800
 - Se analizó como alternativa la barrera, obteniendo los mismos resultados.
- Barrera de humedad:
 - Instalada sobre la cara exterior de la placa OSB
 - Traspir 95
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0004 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 50
 - Se analizaron como alternativas las barreras tipo Typar y Tyvek HouseWrap, obteniendo resultados similares.

CASO BASE

Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:

Sección aislante
Muro madera estructura 2x3" con aislante fibras naturales aislacor 50 [mm]

Ubicación del proyecto: Provincia de Concepción

Condiciones exteriores: 5.7°C; 96% de HR (temp. mín. mes de julio)

Condiciones interiores: 19°C; 60%, 75% y 80% de HR

HR máx. aceptable, ϕ_{sicr} : 1.0

Dirección de flujo: Horizontal

Considera mobiliario: No

	Resistencia térmica, R m^2K/W
1 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e=0.0095 \text{ m}$	0.079
2 Cámara de aire no ventilada, $E = 0,82$; $\mu = 1$; $e=0.015 \text{ m}$	0.155
3 Aislante fibras naturales marca Aislacor; $\mu = 3.7$; $e=0.05 \text{ m}$	1.389
4 Yeso Cartón ST $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 20$; $e=0.01 \text{ m}$	0.036
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	

Espesor total de la solución: 85 [mm]
Resistencia térmica total, R_T : 1.829 [m^2K/W]

Limpiar tabla

CASO PROYECTADO

Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:

Sección aislante, con barreras
Muro madera estructura 2x3" con aislante fibras naturales aislacor 50 [mm]

☒ **NOTA:** CASO PROYECTADO utiliza los datos climáticos y de flujo de CASO BASE

	Resistencia térmica, R m^2K/W
1 Traspir 95; $\mu = 50$; $e=0.0004 \text{ m}$	0.001
2 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e=0.0095 \text{ m}$	0.079
3 Cámara de aire no ventilada, $E = 0,82$; $\mu = 1$; $e=0.015 \text{ m}$	0.155
4 Aislante fibras naturales marca Aislacor; $\mu = 3.7$; $e=0.05 \text{ m}$	1.389
5 Polietileno; $\mu = 151800$; $e=0.00025 \text{ m}$	0.001
6 Yeso Cartón ST $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 20$; $e=0.01 \text{ m}$	0.036
7	
8	
9	
10	
11	
12	

Espesor total de la solución: 85 [mm]
Resistencia térmica total, R_T : 1.831 [m^2K/W]

Limpiar tabla

Perfiles de presión de vapor de agua

Espesor de capa de aire equivalente, S_d

Legenda:
 Presión de vapor, según HR: 65%... 75%... 80%
 Presión de vapor de saturación:

Perfiles de presión de vapor de agua

Espesor de capa de aire equivalente, S_d

Legenda:
 Presión de vapor, según HR: 65%... 75%... 80%
 Presión de vapor de saturación:

CASO BASE

Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:

Sección aislante
Muro madera estructura 2x3" con aislante fibras naturales aislacor 50 [mm]

Calcular HR Cond.

Limpiar

Puntos de análisis

HR Cond.

HR interior, ϕ_i :

65%

75%

80%

31%

Condensación superficial:

No

No

No

No

Res. Térmica caso base

1.829

1.829

1.829

1.829

Res. Térmica total mín, $R_{t,min}$

0.257

0.382

0.490

0.099

Condensación intersticial:

Sí

Sí

Sí

No

Detalle de interfases con condensación:

Superficie exterior

Interfase 1

Interfase 2

Interfase 3

Superficie interior

</

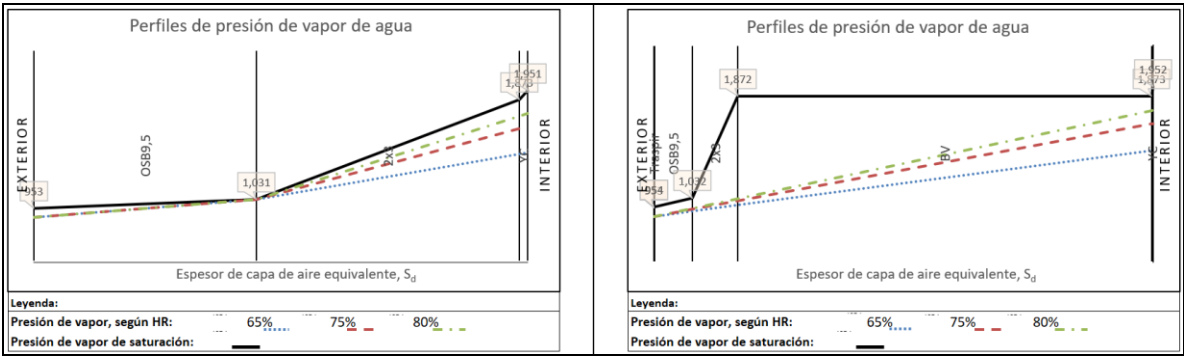
Para eliminar el riesgo de condensación superficial y reducir el riesgo de condensación intersticial, en los escenarios de porcentaje de humedad relativa interior antes mencionados, para la sección de aislante se considera la misma especificación analizada en la sección de puente térmico (pie derecho), es decir:

- Barrera de vapor:
 - Instalada entre el entramado de madera (pies derechos) y la placa de revestimiento interior (yeso-cartón)
 - Polietileno:
 - Marca: Genérico
 - Espesor: 0,00025 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 151.800
 - Se analizó como alternativa la barrera tipo VolcanWrap, obteniendo los mismos resultados.
- Barrera de humedad:
 - Instalada sobre la cara exterior de la placa OSB
 - Traspir 95
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0004 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 50
 - Se analizaron como alternativas las barreras tipo Typar y Tyvek HouseWrap, obteniendo resultados similares.

6.2 Muro tipo 2

A. Análisis sección puente térmico (pie derecho)

CASO BASE	CASO PROYECTADO																																																				
<p>Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva: Sección puente térmico (pie derecho) Muro madera estructura 2x3" con aislante fibras naturales aislacor 50 [mm]</p>	<p>Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva: Sección puente térmico (pie derecho) con barreras Muro madera estructura 2x3" con aislante fibras naturales aislacor 50 [mm]</p>																																																				
<p>Ubicación del proyecto: Provincia de Concepción</p> <p>Condiciones exteriores: 5.7°C; 96% de HR (temp. mín. mes de julio)</p> <p>Condiciones interiores: 19°C; 60%, 75% y 80% de HR</p> <p>HR máx. aceptable, ϕ_{sicc}: 1.0</p> <p>Dirección de flujo: Horizontal</p> <p>Considera mobiliario: No</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> NOTA: CASO PROYECTADO utiliza los datos climáticos y de flujo de CASO BASE</p>																																																				
<table><thead><tr><th></th><th>Resistencia térmica, R m²K/W</th></tr></thead><tbody><tr><td>1 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e = 0.0095 \text{ m}$</td><td>0.079</td></tr><tr><td>2 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e = 0.065 \text{ m}$</td><td>0.625</td></tr><tr><td>3 Yeso cartón RH $\rho = 760 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 10.869$; $e = 0.0125 \text{ m}$</td><td>0.045</td></tr><tr><td>4</td><td></td></tr><tr><td>5</td><td></td></tr><tr><td>6</td><td></td></tr><tr><td>7</td><td></td></tr><tr><td>8</td><td></td></tr><tr><td>9</td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td></tr><tr><td>11</td><td></td></tr><tr><td>12</td><td></td></tr></tbody></table> <p>Espesor total de la solución: 87 [mm] Resistencia térmica total, R_t: 0.919 [m²K/W] Limpiar tabla</p>		Resistencia térmica, R m²K/W	1 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e = 0.0095 \text{ m}$	0.079	2 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e = 0.065 \text{ m}$	0.625	3 Yeso cartón RH $\rho = 760 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 10.869$; $e = 0.0125 \text{ m}$	0.045	4		5		6		7		8		9		10		11		12		<table><thead><tr><th></th><th>Resistencia térmica, R m²K/W</th></tr></thead><tbody><tr><td>1 Traspir 95; $\mu = 50$; $e = 0.0004 \text{ m}$</td><td>0.001</td></tr><tr><td>2 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e = 0.0095 \text{ m}$</td><td>0.079</td></tr><tr><td>3 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e = 0.065 \text{ m}$</td><td>0.625</td></tr><tr><td>4 Polietileno; $\mu = 151800$; $e = 0.00025 \text{ m}$</td><td>0.001</td></tr><tr><td>5 Yeso cartón RH $\rho = 760 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 10.869$; $e = 0.0125 \text{ m}$</td><td>0.045</td></tr><tr><td>6</td><td></td></tr><tr><td>7</td><td></td></tr><tr><td>8</td><td></td></tr><tr><td>9</td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td></tr><tr><td>11</td><td></td></tr><tr><td>12</td><td></td></tr></tbody></table> <p>Espesor total de la solución: 88 [mm] Resistencia térmica total, R_t: 0.921 [m²K/W] Limpiar tabla</p>		Resistencia térmica, R m²K/W	1 Traspir 95; $\mu = 50$; $e = 0.0004 \text{ m}$	0.001	2 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e = 0.0095 \text{ m}$	0.079	3 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e = 0.065 \text{ m}$	0.625	4 Polietileno; $\mu = 151800$; $e = 0.00025 \text{ m}$	0.001	5 Yeso cartón RH $\rho = 760 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 10.869$; $e = 0.0125 \text{ m}$	0.045	6		7		8		9		10		11		12	
	Resistencia térmica, R m²K/W																																																				
1 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e = 0.0095 \text{ m}$	0.079																																																				
2 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e = 0.065 \text{ m}$	0.625																																																				
3 Yeso cartón RH $\rho = 760 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 10.869$; $e = 0.0125 \text{ m}$	0.045																																																				
4																																																					
5																																																					
6																																																					
7																																																					
8																																																					
9																																																					
10																																																					
11																																																					
12																																																					
	Resistencia térmica, R m²K/W																																																				
1 Traspir 95; $\mu = 50$; $e = 0.0004 \text{ m}$	0.001																																																				
2 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e = 0.0095 \text{ m}$	0.079																																																				
3 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e = 0.065 \text{ m}$	0.625																																																				
4 Polietileno; $\mu = 151800$; $e = 0.00025 \text{ m}$	0.001																																																				
5 Yeso cartón RH $\rho = 760 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 10.869$; $e = 0.0125 \text{ m}$	0.045																																																				
6																																																					
7																																																					
8																																																					
9																																																					
10																																																					
11																																																					
12																																																					



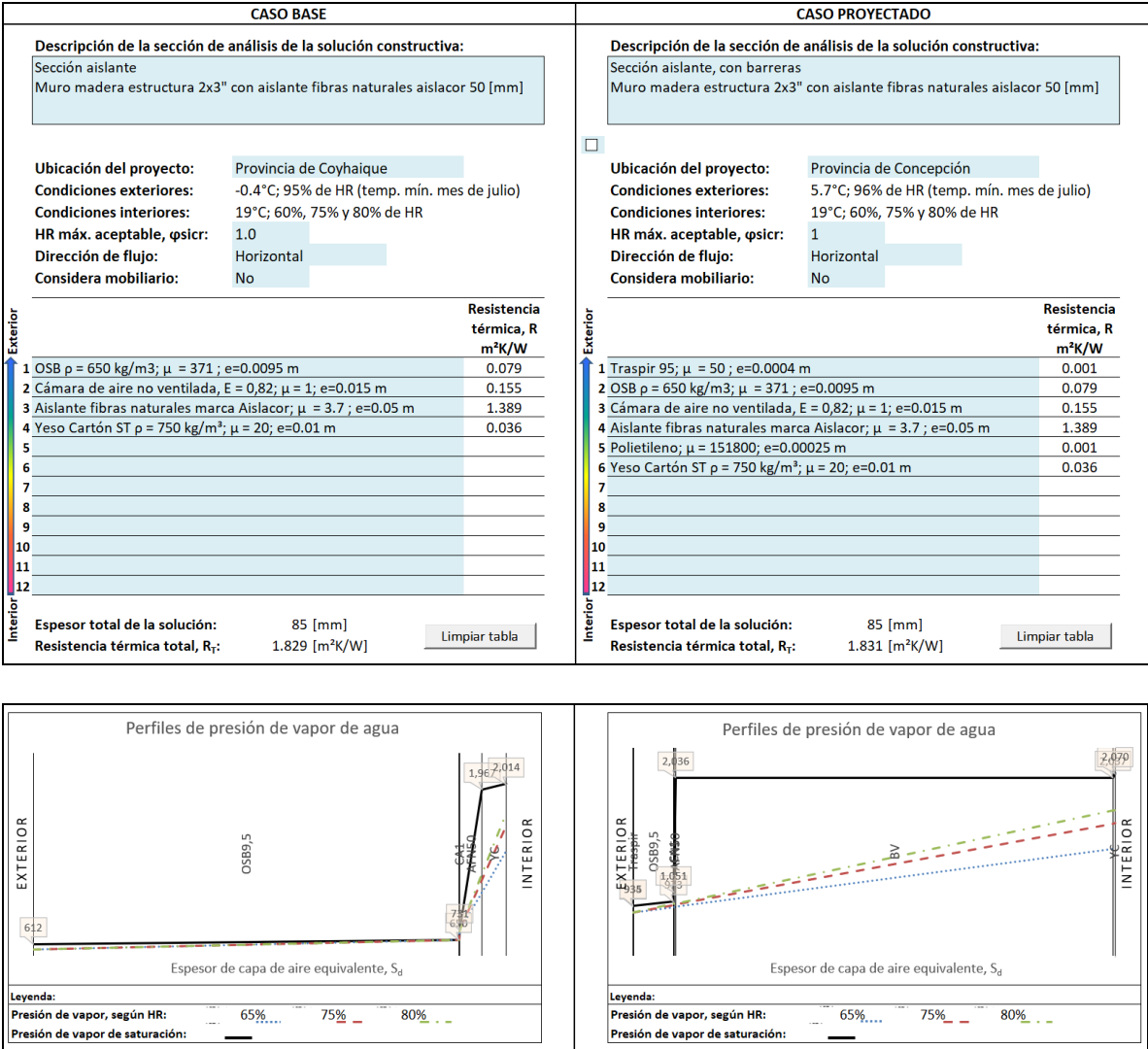
CASO BASE				
Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:				
Sección puente térmico (pie derecho)				
Muro madera estructura 2x3" con aislante fibras naturales aislacor 50 [mm]				
Calcular HR Cond.	Limpiar	Puntos de análisis		HR Cond.
HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	56%
Condensación superficial:	No	No	No	No
Res. Térmica caso base	0.919	0.919	0.919	0.919
Res. Térmica total mín, $R_{T,min}$	0.257	0.382	0.490	0.193
Condensación intersticial:	Sí	Sí	Sí	Sí
Detalle de interfaces con condensación:				
Superficie exterior				
Interfase 1	X	X	X	X
Interfase 2				
Superficie interior				

Al analizar la sección de puente térmico, el desempeño de este muro es igual o muy similar al del muro tipo 1, a pesar de cambiar el tipo y espesor de placa de revestimiento interior de una ST de 10 [mm] a una RH de 12,5 [mm]. La influencia del cambio de placa es marginal.

Se especifican las siguientes barreras:

- Barrera de vapor:
 - Instalada entre el entramado de madera (pies derechos) y la placa de revestimiento interior (yeso-cartón)
 - Polietileno:
 - Marca: Genérico
 - Espesor: 0,00025 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 151.800
 - Se analizó como alternativa la barrera tipo VolcanWrap, obteniendo los mismos resultados.
- Barrera de humedad:
 - Instalada sobre la cara exterior de la placa OSB
 - Traspir 95
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0004 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 50
 - Se analizaron como alternativas las barreras tipo Typar y Tyvek HouseWrap, obteniendo resultados similares.

B. Análisis sección aislante



CASO BASE				
Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:				
Sección aislante Muro madera estructura 2x3" con aislante fibras naturales aislacor 50 [mm]				
Calcular HR Cond.	Limpiar	Puntos de análisis		HR Cond.
HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	31%
Condensación superficial:	No	No	No	No
Res. Térmica caso base	1.829	1.829	1.829	1.829
Res. Térmica total mín, $R_{t,min}$	0.375	0.557	0.715	0.144
Condensación intersticial:	Sí	Sí	Sí	Sí
Detalle de interfaces con condensación:				
Superficie exterior				
Interfase 1	X	X	X	X
Interfase 2	X	X	X	
Interfase 3				
Superficie interior				
N° Interfaces condensación:	2	2	2	1
Total:	6 Interfaces			

CASO PROYECTADO				
Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:				
Sección aislante, con barreras Muro madera estructura 2x3" con aislante fibras naturales aislacor 50 [mm]				
Calcular HR Cond.	Limpiar	Puntos de análisis		HR Cond.
HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	91%
Condensación superficial:	No	No	No	No
Res. Térmica caso proyectado	1.831	1.831	1.831	1.831
Res. Térmica total mín, $R_{t,min}$	0.257	0.382	0.490	1.150
Condensación intersticial:	No	No	No	Sí
Detalle de interfaces con condensación:				
Superficie exterior				
Interfase 1				
Interfase 2				X
Interfase 3				
Interfase 4				
Interfase 5				
Superficie interior				
N° Interfaces condensación:	0	0	0	1
Total:	0 Interfaces			

Al analizar la sección del aislante, el desempeño de este muro es igual o muy similar al del muro tipo 1, a pesar de cambiar el tipo y espesor de placa de revestimiento interior de una ST de 10 [mm] a una RH de 12,5 [mm]. La influencia del cambio de placa es marginal.

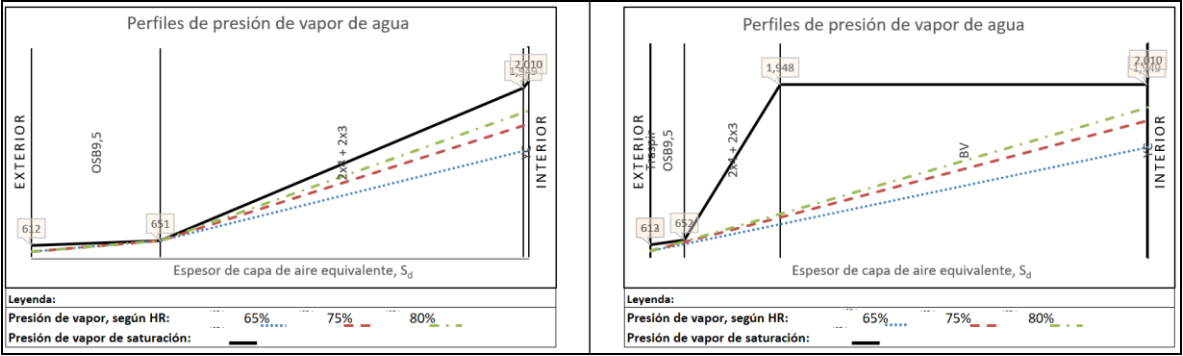
Se especifican las siguientes barreras:

- Barrera de vapor:
 - Instalada entre el entramado de madera (pies derechos) y la placa de revestimiento interior (yeso-cartón)
 - Polietileno:
 - Marca: Genérico
 - Espesor: 0,00025 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 151.800
 - Se analizó como alternativa la barrera tipo VolcanWrap, obteniendo los mismos resultados.
- Barrera de humedad:
 - Instalada sobre la cara exterior de la placa OSB
 - Traspir 95
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0004 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 50
 - Se analizaron como alternativas las barreras tipo Typar y Tyvek HouseWrap, obteniendo resultados similares.

6.3 Muro tipo 3

A. Análisis sección puente térmico (pie derecho)

CASO BASE	CASO PROYECTADO																																																				
<p>Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva: Sección puente térmico (pie derecho) Muro madera estructura 2x4" y distanciadores 2x3", con aislante fibras naturales aislacor 150 [mm]</p>	<p>Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva: Sección puente térmico (pie derecho) con barreras Muro madera estructura 2x4" y distanciadores 2x3", con aislante fibras naturales aislacor 150 [mm]</p>																																																				
<p>Ubicación del proyecto: Provincia de Coyhaique</p> <p>Condiciones exteriores: -0.4°C; 95% de HR (temp. mín. mes de julio)</p> <p>Condiciones interiores: 19°C; 60%, 75% y 80% de HR</p> <p>HR máx. aceptable, ϕ_{sicc}: 1.0</p> <p>Dirección de flujo: Horizontal</p> <p>Considera mobiliario: No</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> NOTA: CASO PROYECTADO utiliza los datos climáticos y de flujo de CASO BASE</p>																																																				
<table><thead><tr><th></th><th>Resistencia térmica, R m²K/W</th></tr></thead><tbody><tr><td>1 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e = 0.0095 \text{ m}$</td><td>0.079</td></tr><tr><td>2 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e = 0.155 \text{ m}$</td><td>1.490</td></tr><tr><td>3 Yeso cartón RF $\rho = 840 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 11.527$; $e = 0.0125 \text{ m}$</td><td>0.045</td></tr><tr><td>4</td><td></td></tr><tr><td>5</td><td></td></tr><tr><td>6</td><td></td></tr><tr><td>7</td><td></td></tr><tr><td>8</td><td></td></tr><tr><td>9</td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td></tr><tr><td>11</td><td></td></tr><tr><td>12</td><td></td></tr></tbody></table> <p>Espesor total de la solución: 177 [mm] Resistencia térmica total, R_T: 1.784 [m²K/W]</p> <p>Limpiar tabla</p>		Resistencia térmica, R m²K/W	1 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e = 0.0095 \text{ m}$	0.079	2 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e = 0.155 \text{ m}$	1.490	3 Yeso cartón RF $\rho = 840 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 11.527$; $e = 0.0125 \text{ m}$	0.045	4		5		6		7		8		9		10		11		12		<table><thead><tr><th></th><th>Resistencia térmica, R m²K/W</th></tr></thead><tbody><tr><td>1 Traspir 95; $\mu = 50$; $e = 0.0004 \text{ m}$</td><td>0.001</td></tr><tr><td>2 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e = 0.0095 \text{ m}$</td><td>0.079</td></tr><tr><td>3 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e = 0.155 \text{ m}$</td><td>1.490</td></tr><tr><td>4 Polietileno; $\mu = 151800$; $e = 0.00025 \text{ m}$</td><td>0.001</td></tr><tr><td>5 Yeso cartón RF $\rho = 840 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 11.527$; $e = 0.0125 \text{ m}$</td><td>0.045</td></tr><tr><td>6</td><td></td></tr><tr><td>7</td><td></td></tr><tr><td>8</td><td></td></tr><tr><td>9</td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td></tr><tr><td>11</td><td></td></tr><tr><td>12</td><td></td></tr></tbody></table> <p>Espesor total de la solución: 178 [mm] Resistencia térmica total, R_T: 1.786 [m²K/W]</p> <p>Limpiar tabla</p>		Resistencia térmica, R m²K/W	1 Traspir 95; $\mu = 50$; $e = 0.0004 \text{ m}$	0.001	2 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e = 0.0095 \text{ m}$	0.079	3 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e = 0.155 \text{ m}$	1.490	4 Polietileno; $\mu = 151800$; $e = 0.00025 \text{ m}$	0.001	5 Yeso cartón RF $\rho = 840 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 11.527$; $e = 0.0125 \text{ m}$	0.045	6		7		8		9		10		11		12	
	Resistencia térmica, R m²K/W																																																				
1 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e = 0.0095 \text{ m}$	0.079																																																				
2 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e = 0.155 \text{ m}$	1.490																																																				
3 Yeso cartón RF $\rho = 840 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 11.527$; $e = 0.0125 \text{ m}$	0.045																																																				
4																																																					
5																																																					
6																																																					
7																																																					
8																																																					
9																																																					
10																																																					
11																																																					
12																																																					
	Resistencia térmica, R m²K/W																																																				
1 Traspir 95; $\mu = 50$; $e = 0.0004 \text{ m}$	0.001																																																				
2 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e = 0.0095 \text{ m}$	0.079																																																				
3 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e = 0.155 \text{ m}$	1.490																																																				
4 Polietileno; $\mu = 151800$; $e = 0.00025 \text{ m}$	0.001																																																				
5 Yeso cartón RF $\rho = 840 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 11.527$; $e = 0.0125 \text{ m}$	0.045																																																				
6																																																					
7																																																					
8																																																					
9																																																					
10																																																					
11																																																					
12																																																					

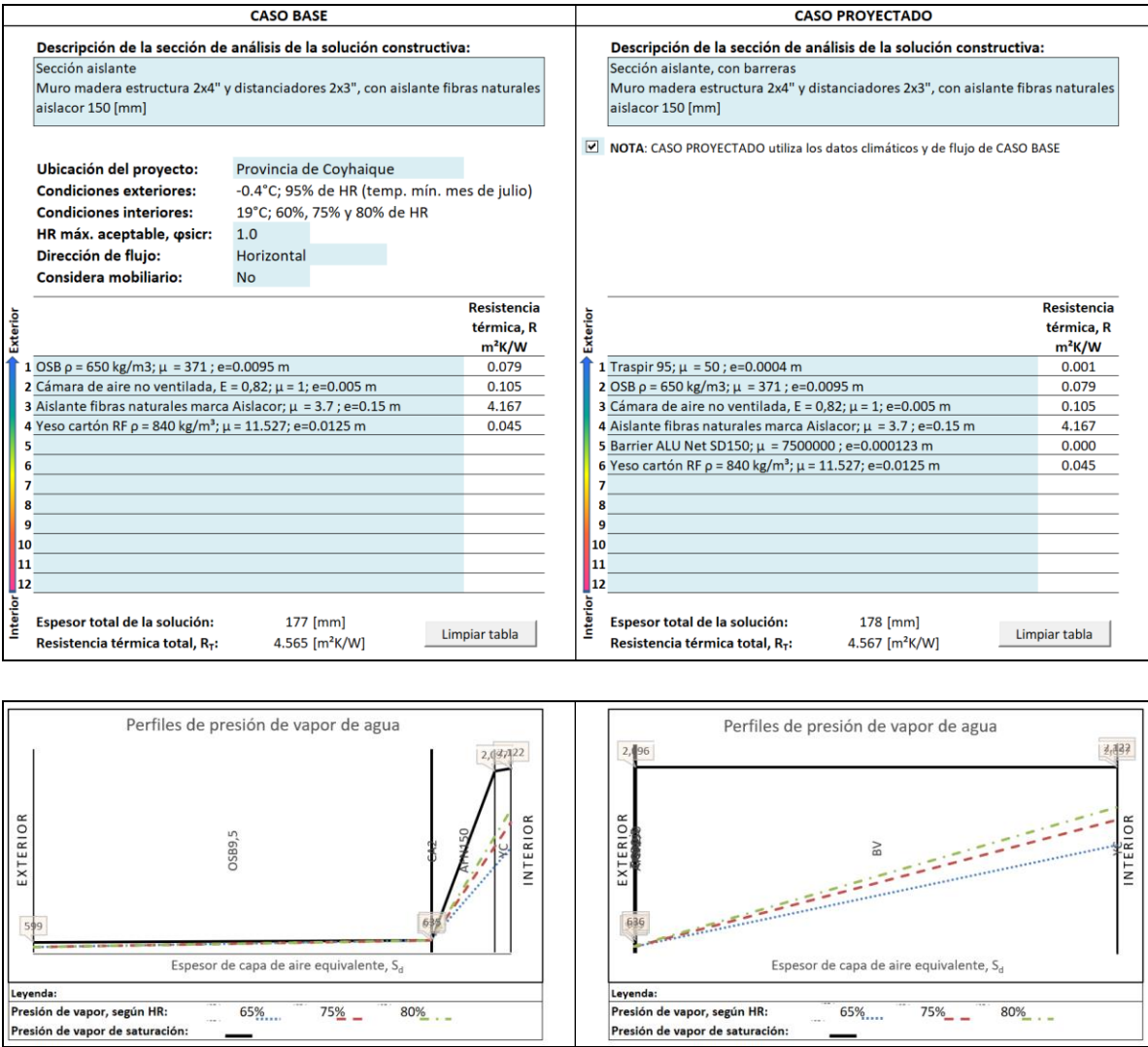


CASO BASE					CASO PROYECTADO				
Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva: Sección puente térmico (pie derecho) Muro madera estructura 2x4" y distanciadores 2x3", con aislante fibras naturales aislacor 150 [mm]					Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva: Sección puente térmico (pie derecho) con barreras Muro madera estructura 2x4" y distanciadores 2x3", con aislante fibras naturales aislacor 150 [mm]				
Calcular HR Cond.	Limpiar	Puntos de análisis			Calcular HR Cond.	Limpiar	Puntos de análisis		
HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	42%	HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	86%
Condensación superficial:	No	No	No	No	Condensación superficial:	No	No	No	No
Res. Térmica caso base	1.784	1.784	1.784	1.784	Res. Térmica caso proyectado	1.786	1.786	1.786	1.786
Res. Térmica total mín, $R_{T,min}$	0.375	0.557	0.715	0.191	Res. Térmica total mín, $R_{T,min}$	0.375	0.557	0.715	1.053
Condensación intersticial:	Sí	Sí	Sí	Sí	Condensación intersticial:	No	No	No	Sí
Detalle de interfaces con condensación:					Detalle de interfaces con condensación:				
Superficie exterior					Superficie exterior				
Interfase 1	X	X	X	X	Interfase 1				
Interfase 2					Interfase 2				X
Superficie interior					Interfase 3				
					Interfase 4				
					Superficie interior				
N° Interfaces condensación:	1	1	1	1	N° Interfaces condensación:	0	0	0	1
Total:	3 Interfaces				Total:	0 Interfaces			

Para eliminar el riesgo de condensación superficial y reducir el riesgo de condensación intersticial, en los escenarios de porcentaje de humedad relativa interior antes mencionados, para la sección del material aislante se especifican las siguientes barreras:

- Barrera de vapor:
 - Instalada entre el entramado de madera (pies derechos) y la placa de revestimiento interior (yeso-cartón)
 - Polietileno:
 - Marca: Genérico
 - Espesor: 0,00025 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 151.800
 - Se analizó como alternativa la barrera tipo VolcanWrap, obteniendo los mismos resultados.
- Barrera de humedad:
 - Instalada sobre la cara exterior de la placa OSB
 - Traspir 95
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0004 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 50
 - Se analizaron como alternativas las barreras tipo Tytar y Tyvek HouseWrap, obteniendo resultados similares.

B. Análisis sección aislante



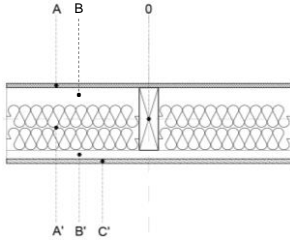
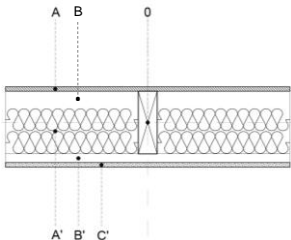
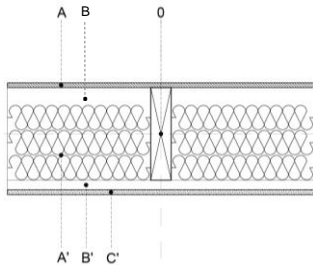
CASO BASE				
Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:				
Sección aislante Muro madera estructura 2x4" y distanciadores 2x3", con aislante fibras naturales aislacor 150 [mm]				
Calcular HR Cond.	Limpiar	Puntos de análisis		HR Cond.
HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	42%
Condensación superficial:	No	No	No	No
Res. Térmica caso base	4.565	4.565	4.565	4.565
Res. Térmica total mín, $R_{T,min}$	0.375	0.557	0.715	0.191
Condensación intersticial:	Sí	Sí	Sí	Sí
Detalle de interfaces con condensación:				
Superficie exterior				
Interfase 1	X	X	X	X
Interfase 2	X	X	X	X
Interfase 3				
Superficie interior				
Nº Interfaces condensación:	2	2	2	2
Total:	6 Interfaces			

CASO PROYECTADO				
Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:				
Sección aislante, con barreras Muro madera estructura 2x4" y distanciadores 2x3", con aislante fibras naturales aislacor 150 [mm]				
Calcular HR Cond.	Limpiar	Puntos de análisis		HR Cond.
HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	96%
Condensación superficial:	No	No	No	No
Res. Térmica caso proyectado	4.567	4.567	4.567	4.567
Res. Térmica total mín, $R_{T,min}$	0.375	0.557	0.715	3.864
Condensación intersticial:	No	No	No	Sí
Detalle de interfaces con condensación:				
Superficie exterior				
Interfase 1				
Interfase 2				
Interfase 3				
Interfase 4				
Interfase 5				X
Superficie interior				
Nº Interfaces condensación:	0	0	0	1
Total:	0 Interfaces			

La sección de aislante tiene un riesgo considerablemente mayor de producir condensación, aún especificando las barreras suficientes para la sección del puente térmico en pies derechos. Considerando lo anterior, la especificación de las barreras debe realizarse en base al sector aislante ya que representa el caso más desfavorable. Entonces, para eliminar el riesgo de condensación superficial y reducir el riesgo de condensación intersticial, en los escenarios de porcentaje de humedad relativa interior antes mencionados, se especifican las siguientes barreras:

- Barrera de vapor:
 - Instalada entre el entramado de madera (pies derechos) y la placa de revestimiento interior (yeso-cartón)
 - Barrier ALU Net SD150:
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0002 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 7.500.000
 - Se analizó como alternativa la barrera tipo Barrier ALU Net SD1500, obteniendo los mismos resultados.
- Barrera de humedad:
 - Instalada sobre la cara exterior de la placa OSB
 - Traspir 95
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0004 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 50
 - Se analizaron como alternativas las barreras tipo Typar y Tyvek HouseWrap, obteniendo resultados similares.

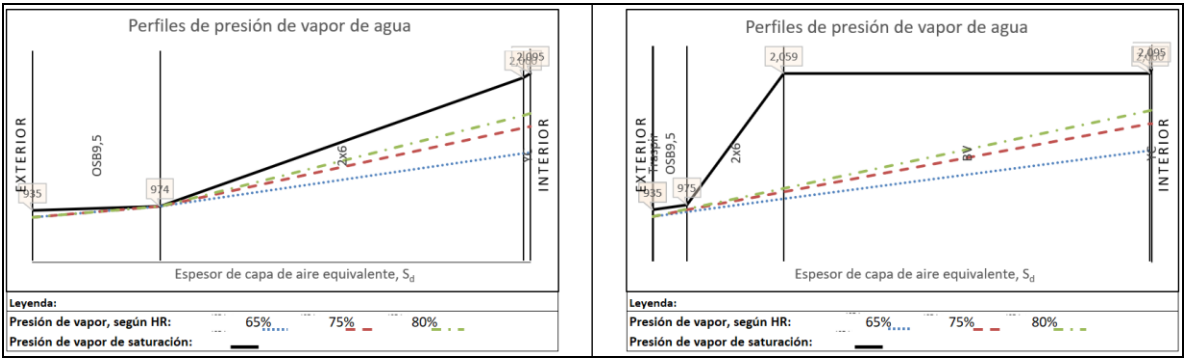
7. Descripción techumbres

		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Detalle				
Localidad de análisis		Concepción	Concepción	Coihaique
Exterior	Interfase 1	A) Placa OSB e = 9,5 [mm] $\rho = 650$ [kg/m ³] Rt = 0,079 [m ² K/W]		A) Placa OSB e = 9,5 [mm] $\rho = 650$ [kg/m ³] Rt = 0,079 [m ² K/W]
	Interfase 2	B) Cámara aire no ventilada e = 38 [mm] Rt = 0,140 [m ² K/W]	B) Cámara aire no ventilada e = 38 [mm] Rt = 0,140 [m ² K/W]	B) Cámara aire no ventilada e = 35 [mm] Rt = 0,140 [m ² K/W]
	Interfase 3	A') Aislante fibras naturales Aislacor e = 100 [mm] $\rho = 55$ [kg/m ³] Rt = 2,778 [m ² K/W]	A') Aislante fibras naturales Aislacor e = 100 [mm] $\rho = 55$ [kg/m ³] Rt = 2,778 [m ² K/W]	A') Aislante fibras naturales Aislacor e = 150 [mm] $\rho = 55$ [kg/m ³] Rt = 4,167 [m ² K/W]
	Interfase 2	B') Cámara aire no ventilada e = 19 [mm] Rt = 0,140 [m ² K/W]	B') Cámara aire no ventilada e = 38 [mm] Rt = 0,140 [m ² K/W]	B') Cámara aire no ventilada e = 35 [mm] Rt = 0,140 [m ² K/W]
	Interfase 5	C') Placa yeso-cartón e = 10 [mm] $\rho = 750$ [kg/m ³] Rt = 0,036 [m ² K/W]	C') Placa yeso-cartón e = 12,5 [mm] $\rho = 750$ [kg/m ³] Rt = 0,036 [m ² K/W]	C') Placa yeso-cartón e = 12,5 [mm] $\rho = 750$ [kg/m ³] Rt = 0,036 [m ² K/W]
Interior				
Espesor total solución		e = 176,5 [mm]	e = 179,0 [mm]	e = 226,0 [mm]
Transmitancia		U = 0,34 [W/m ² K]	U = 0,34 [W/m ² K]	U = 0,23 [W/m ² K]
Memoria térmica		Informe N° 202311	Informe N° 202312	Informe N° 202315
Emisor memoria térmica		CIM UC	CIM UC	CIM UC
Espesor = e Resistencia térmica = Rt Transmitancia = U Densidad = ρ				

7.1 Techumbre tipo 1

A. Análisis sección puente térmico (viga-distanciador)

CASO BASE	CASO PROYECTADO																																																				
<p>Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:</p> <p>Sección puente térmico (viga y distanciador)</p> <p>Techumbre madera estructura 2x6" con aislante fibras naturales aislacor 100 [mm]</p>	<p>Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:</p> <p>Sección puente térmico (viga y distanciador) con barreras</p> <p>Techumbre madera estructura 2x6" con aislante fibras naturales aislacor 100 [mm]</p>																																																				
<p>Ubicación del proyecto: Provincia de Concepción</p> <p>Condiciones exteriores: 5.7°C; 96% de HR (temp. mín. mes de julio)</p> <p>Condiciones interiores: 19°C; 60%, 75% y 80% de HR</p> <p>HR máx. aceptable, ψ_{sicc}: 1.0</p> <p>Dirección de flujo: Ascendente</p> <p>Considera mobiliario: No</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> NOTA: CASO PROYECTADO utiliza los datos climáticos y de flujo de CASO BASE</p>																																																				
<table><thead><tr><th></th><th>Resistencia térmica, R m²K/W</th></tr></thead><tbody><tr><td>1 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e=0.0095 \text{ m}$</td><td>0.079</td></tr><tr><td>2 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e=0.157 \text{ m}$</td><td>1.510</td></tr><tr><td>3 Yeso Cartón ST $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 20$; $e=0.01 \text{ m}$</td><td>0.036</td></tr><tr><td>4</td><td></td></tr><tr><td>5</td><td></td></tr><tr><td>6</td><td></td></tr><tr><td>7</td><td></td></tr><tr><td>8</td><td></td></tr><tr><td>9</td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td></tr><tr><td>11</td><td></td></tr><tr><td>12</td><td></td></tr></tbody></table> <p>Espesor total de la solución: 177 [mm]</p> <p>Resistencia térmica total, R_T: 1.764 [m²K/W]</p> <p>Limpiar tabla</p>		Resistencia térmica, R m²K/W	1 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e=0.0095 \text{ m}$	0.079	2 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e=0.157 \text{ m}$	1.510	3 Yeso Cartón ST $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 20$; $e=0.01 \text{ m}$	0.036	4		5		6		7		8		9		10		11		12		<table><thead><tr><th></th><th>Resistencia térmica, R m²K/W</th></tr></thead><tbody><tr><td>1 Traspir 95; $\mu = 50$; $e=0.0004 \text{ m}$</td><td>0.001</td></tr><tr><td>2 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e=0.0095 \text{ m}$</td><td>0.079</td></tr><tr><td>3 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e=0.157 \text{ m}$</td><td>1.510</td></tr><tr><td>4 Polietileno; $\mu = 151800$; $e=0.00025 \text{ m}$</td><td>0.001</td></tr><tr><td>5 Yeso Cartón ST $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 20$; $e=0.01 \text{ m}$</td><td>0.036</td></tr><tr><td>6</td><td></td></tr><tr><td>7</td><td></td></tr><tr><td>8</td><td></td></tr><tr><td>9</td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td></tr><tr><td>11</td><td></td></tr><tr><td>12</td><td></td></tr></tbody></table> <p>Espesor total de la solución: 177 [mm]</p> <p>Resistencia térmica total, R_T: 1.767 [m²K/W]</p> <p>Limpiar tabla</p>		Resistencia térmica, R m²K/W	1 Traspir 95; $\mu = 50$; $e=0.0004 \text{ m}$	0.001	2 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e=0.0095 \text{ m}$	0.079	3 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e=0.157 \text{ m}$	1.510	4 Polietileno; $\mu = 151800$; $e=0.00025 \text{ m}$	0.001	5 Yeso Cartón ST $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 20$; $e=0.01 \text{ m}$	0.036	6		7		8		9		10		11		12	
	Resistencia térmica, R m²K/W																																																				
1 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e=0.0095 \text{ m}$	0.079																																																				
2 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e=0.157 \text{ m}$	1.510																																																				
3 Yeso Cartón ST $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 20$; $e=0.01 \text{ m}$	0.036																																																				
4																																																					
5																																																					
6																																																					
7																																																					
8																																																					
9																																																					
10																																																					
11																																																					
12																																																					
	Resistencia térmica, R m²K/W																																																				
1 Traspir 95; $\mu = 50$; $e=0.0004 \text{ m}$	0.001																																																				
2 OSB $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 371$; $e=0.0095 \text{ m}$	0.079																																																				
3 Pino insigne $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 64$; $e=0.157 \text{ m}$	1.510																																																				
4 Polietileno; $\mu = 151800$; $e=0.00025 \text{ m}$	0.001																																																				
5 Yeso Cartón ST $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 20$; $e=0.01 \text{ m}$	0.036																																																				
6																																																					
7																																																					
8																																																					
9																																																					
10																																																					
11																																																					
12																																																					

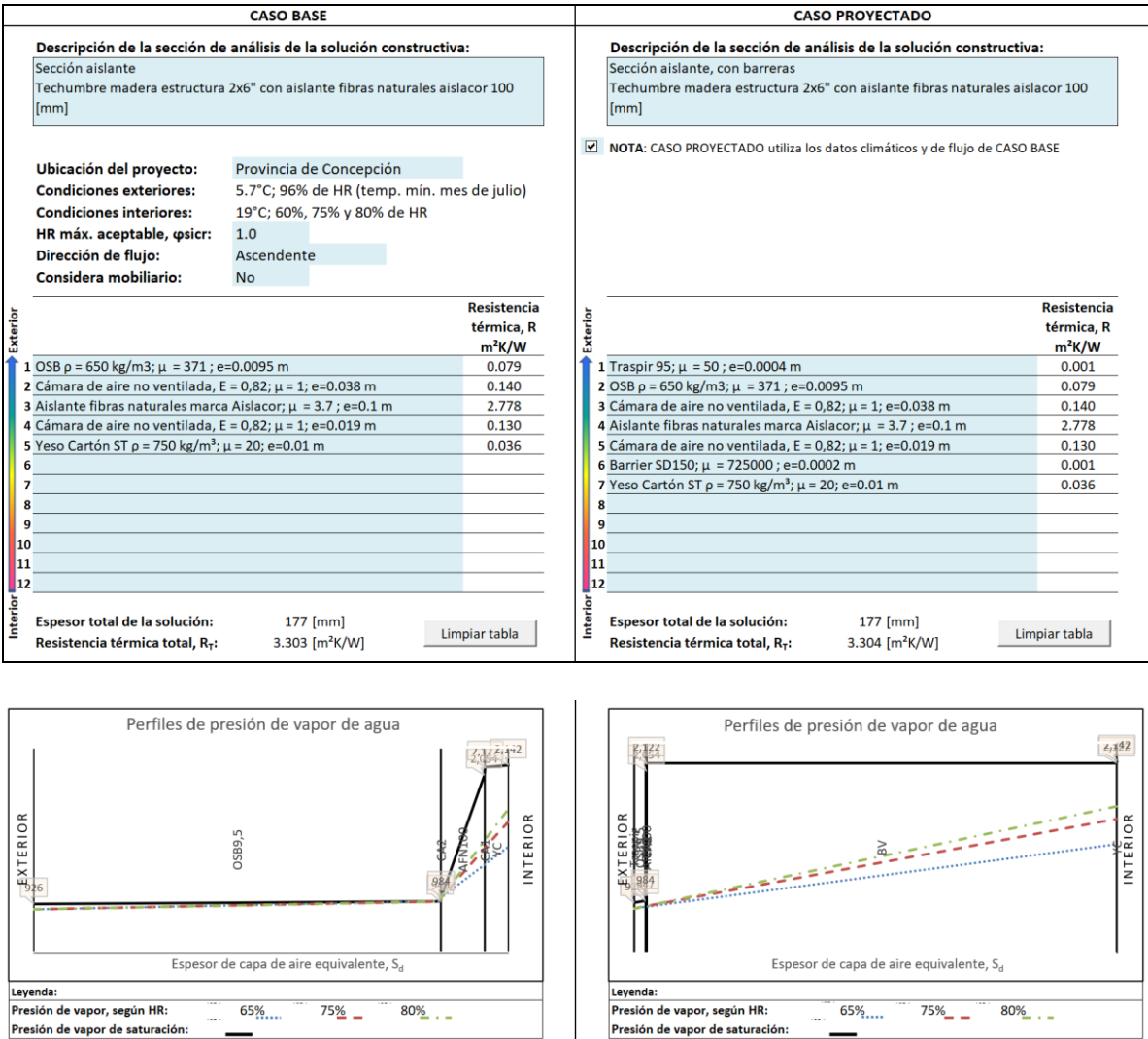


CASO BASE				
Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:				
Sección puente térmico (viga y distanciador)				
Techumbre madera estructura 2x6" con aislante fibras naturales aislacor 100 [mm]				
Calcular HR Cond.	Umpliar	Puntos de análisis		HR Cond.
HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	57%
Condensación superficial:	No	No	No	No
Res. Térmica caso base	1.764	1.764	1.764	1.764
Res. Térmica total mín, $R_{T,min}$	0.198	0.294	0.377	0.153
Condensación intersticial:	Sí	Sí	Sí	Sí
Detalle de interfaces con condensación:				
Superficie exterior				
Interfase 1	X	X	X	X
Interfase 2				
Superficie interior				

Para eliminar el riesgo de condensación superficial y reducir el riesgo de condensación intersticial, en los escenarios de porcentaje de humedad relativa interior antes mencionados, para la sección de puente térmico (vigas y distanciadores) se especifican las siguientes barreras:

- Barrera de vapor:
 - Instalada entre el entramado de madera (pies derechos) y la placa de revestimiento interior (yeso-cartón)
 - Polietileno:
 - Marca: Genérico
 - Espesor: 0,00025 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 151.800
 - Se analizó como alternativa la barrera, obteniendo los mismos resultados.
- Barrera de humedad:
 - Instalada sobre la cara exterior de la placa OSB
 - Traspir 95
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0004 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 50
 - Se analizaron como alternativas las barreras tipo Tytar y Tyvek HouseWrap, obteniendo resultados similares.

B. Análisis sección aislante



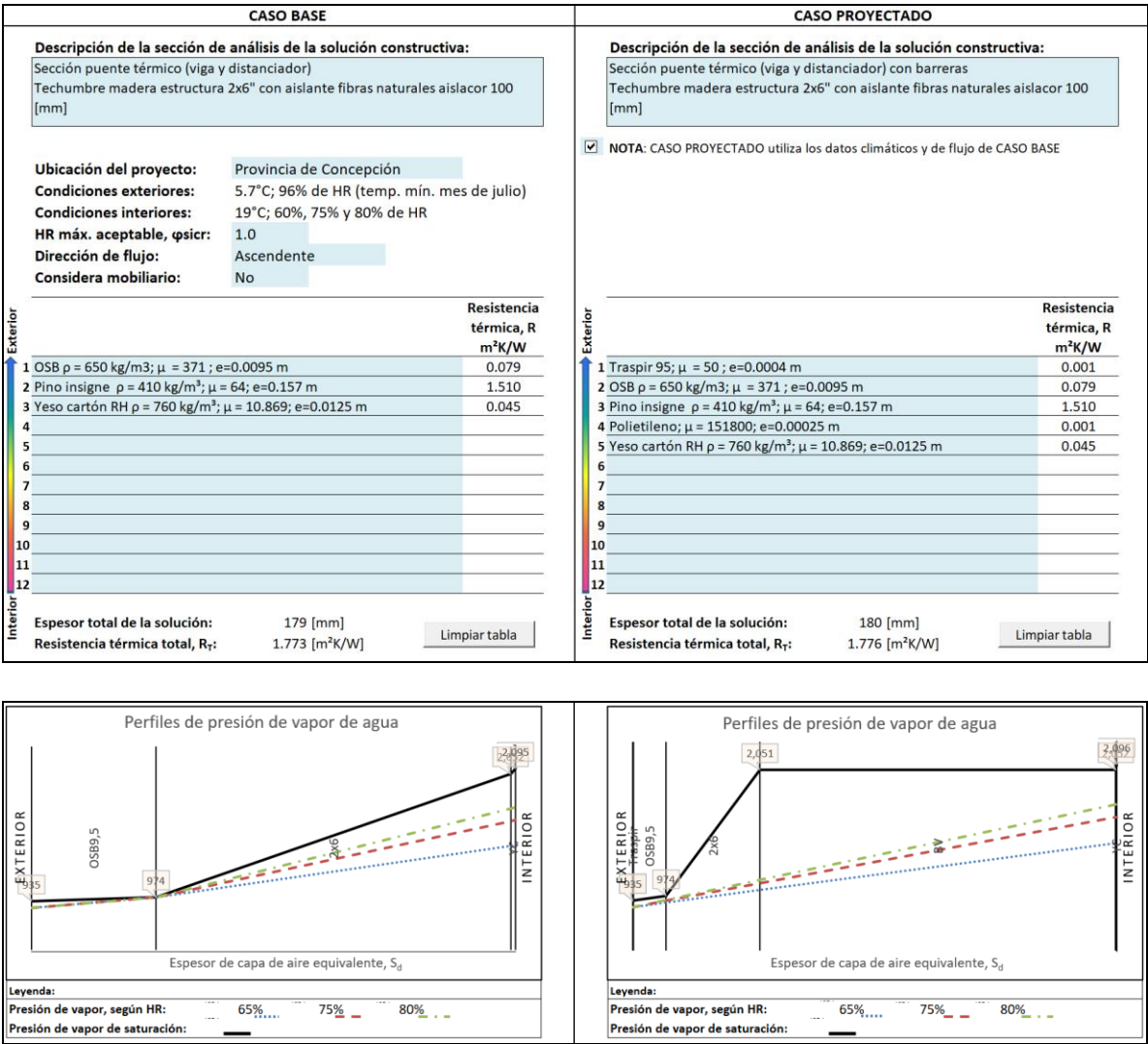
CASO BASE					CASO PROYECTADO				
Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:					Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:				
Sección aislante Techumbre madera estructura 2x6" con aislante fibras naturales aislacor 100 [mm]					Sección aislante, con barreras Techumbre madera estructura 2x6" con aislante fibras naturales aislacor 100 [mm]				
Calcular HR Cond.	Limpiar	Puntos de análisis			Calcular HR Cond.	Limpiar	Puntos de análisis		
HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	44%	HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	77%
Condensación superficial:	No	No	No	No	Condensación superficial:	No	No	No	No
Res. Térmica caso base	3.303	3.303	3.303	3.303	Res. Térmica caso proyectado	3.304	3.304	3.304	3.304
Res. Térmica total mín, $R_{T,min}$	0.198	0.294	0.377	0.106	Res. Térmica total mín, $R_{T,min}$	0.198	0.294	0.377	0.323
Condensación intersticial:	Sí	Sí	Sí	Sí	Condensación intersticial:	No	No	No	No
Detalle de interfases con condensación:					Detalle de interfases con condensación:				
Superficie exterior					Superficie exterior				
Interfase 1	X	X	X	X	Interfase 1				
Interfase 2	X	X	X		Interfase 2				
Interfase 3					Interfase 3				
Interfase 4					Interfase 4				
Superficie interior					Interfase 5				
					Interfase 6				
					Superficie interior				
N° Interfaces condensación:	2	2	2	1	N° Interfaces condensación:	0	0	0	0
Total:	6 interfases				Total:	0 interfases			

La sección de aislante tiene un riesgo considerablemente mayor de producir condensación, aún especificando las barreras suficientes para la sección del puente térmico en vigas y distanciadores. Considerando lo anterior, la especificación de las barreras debe realizarse en base al sector aislante ya que representa el caso más desfavorable. Entonces, para eliminar el riesgo de condensación superficial y reducir el riesgo de condensación intersticial, en los escenarios de porcentaje de humedad relativa interior antes mencionados, se especifican las siguientes barreras:

- Barrera de vapor:
 - Instalada entre el entramado de madera (pies derechos) y la placa de revestimiento interior (yeso-cartón)
 - Barrier SD150:
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0002 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 725.000
 - Se analizó como alternativa la barrera tipo Barrier ALU Net SD150 o Barrier ALU Net SD1500, obteniendo los mismos resultados.
- Barrera de humedad:
 - Instalada sobre la cara exterior de la placa OSB
 - Traspir 95
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0004 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 50
 - Se analizaron como alternativas las barreras tipo Typar y Tyvek HouseWrap, obteniendo resultados similares.

7.2 Techumbre tipo 2

A. Análisis sección puente térmico (viga-distanciador)



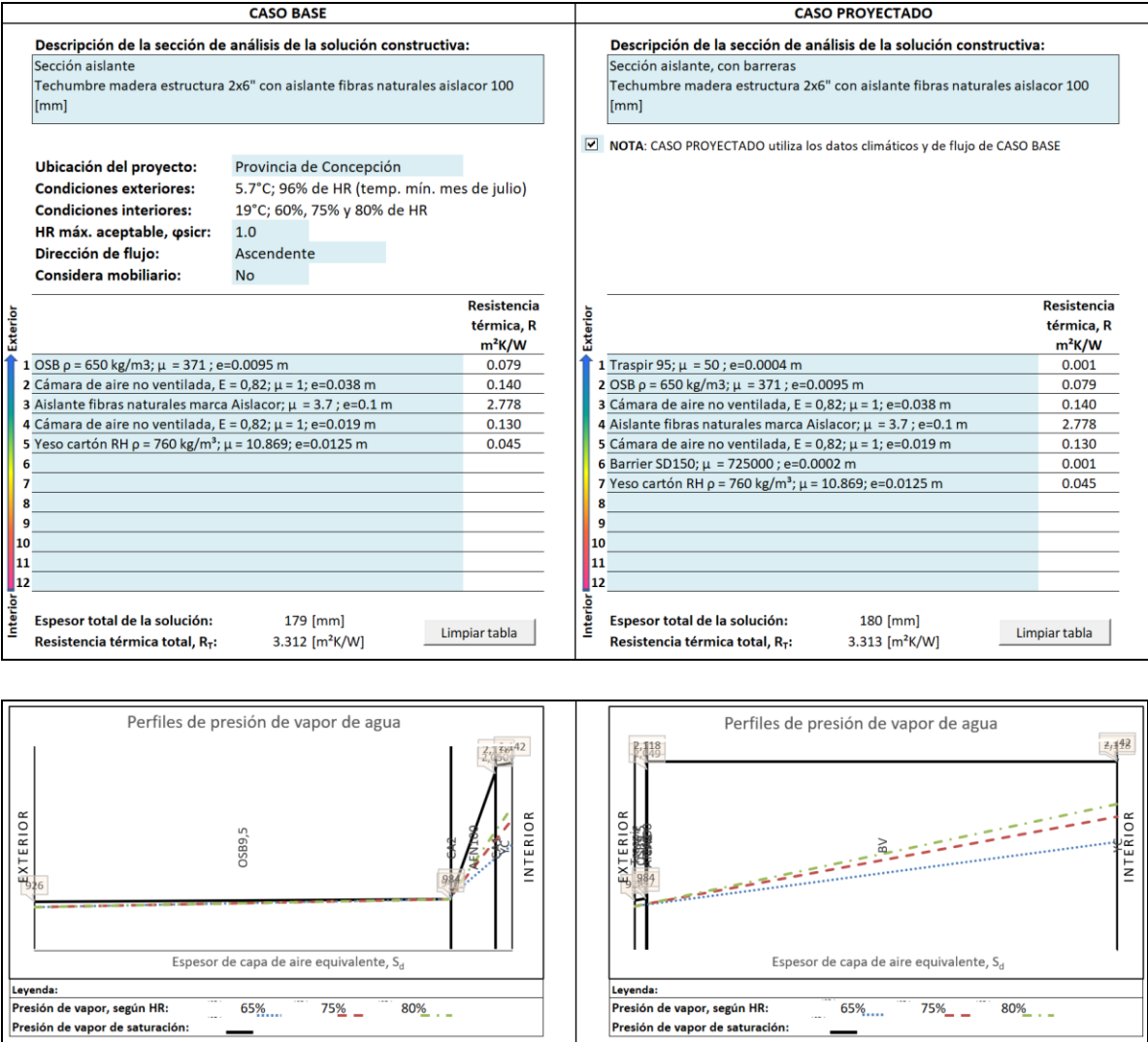
CASO BASE					CASO PROYECTADO				
Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva: Sección puente térmico (viga y distanciador) Techumbre madera estructura 2x6" con aislante fibras naturales aislacor 100 [mm]					Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva: Sección puente térmico (viga y distanciador) con barreras Techumbre madera estructura 2x6" con aislante fibras naturales aislacor 100 [mm]				
Calcular HR Cond.	Limpiar	Puntos de análisis			HR Cond.				
HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	57%	HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	95%
Condensación superficial:	No	No	No	No	Condensación superficial:	No	No	No	No
Res. Térmica caso base	1.773	1.773	1.773	1.773	Res. Térmica caso proyectado	1.776	1.776	1.776	1.776
Res. Térmica total mín, $R_{T,min}$	0.198	0.294	0.377	0.153	Res. Térmica total mín, $R_{T,min}$	0.198	0.294	0.377	1.623
Condensación intersticial:	Sí	Sí	Sí	Sí	Condensación intersticial:	No	No	No	Sí
Detalle de interfaces con condensación:					Detalle de interfaces con condensación:				
Superficie exterior					Superficie exterior				
Interfase 1	X	X	X	X	Interfase 1				
Interfase 2					Interfase 2				
Superficie interior					Interfase 3				
					Interfase 4				X
					Superficie interior				
N° Interfaces condensación:	1	1	1	1	N° Interfaces condensación:	0	0	0	1
Total:	3 Interfaces				Total:	0 Interfaces			

Al analizar la sección de puente térmico, el desempeño de esta techumbre es igual o muy similar a la techumbre tipo 1, a pesar de cambiar el tipo y espesor de placa de revestimiento interior de una ST de 10 [mm] a una RH de 12,5 [mm]. La influencia del cambio de placa es marginal.

Se especifican las siguientes barreras:

- Barrera de vapor:
 - Instalada entre el entramado de madera (pies derechos) y la placa de revestimiento interior (yeso-cartón)
 - Polietileno:
 - Marca: Genérico
 - Espesor: 0,00025 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 151.800
 - Se analizó como alternativa la barrera tipo VolcanWrap, obteniendo los mismos resultados.
- Barrera de humedad:
 - Instalada sobre la cara exterior de la placa OSB
 - Traspir 95
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0004 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 50
 - Se analizaron como alternativas las barreras tipo Typar y Tyvek HouseWrap, obteniendo resultados similares.

B. Análisis sección aislante



CASO BASE

Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:

Sección aislante
Techumbre madera estructura 2x6" con aislante fibras naturales aislacor 100 [mm]

Calcular HR Cond.

Limpiar

Puntos de análisis

HR Cond.

HR interior, ϕ_i :

65%

75%

80%

44%

Condensación superficial:

No

No

No

No

Res. Térmica caso base

3.312

3.312

3.312

3.312

Res. Térmica total mín, $R_{T,min}$

0.198

0.294

0.377

0.106

Condensación intersticial:

Sí

Sí

Sí

Sí

Detalle de interfaces con condensación:

Superficie exterior

Interfase 1

Interfase 2

Interfase 3

Interfase 4

Superficie interior

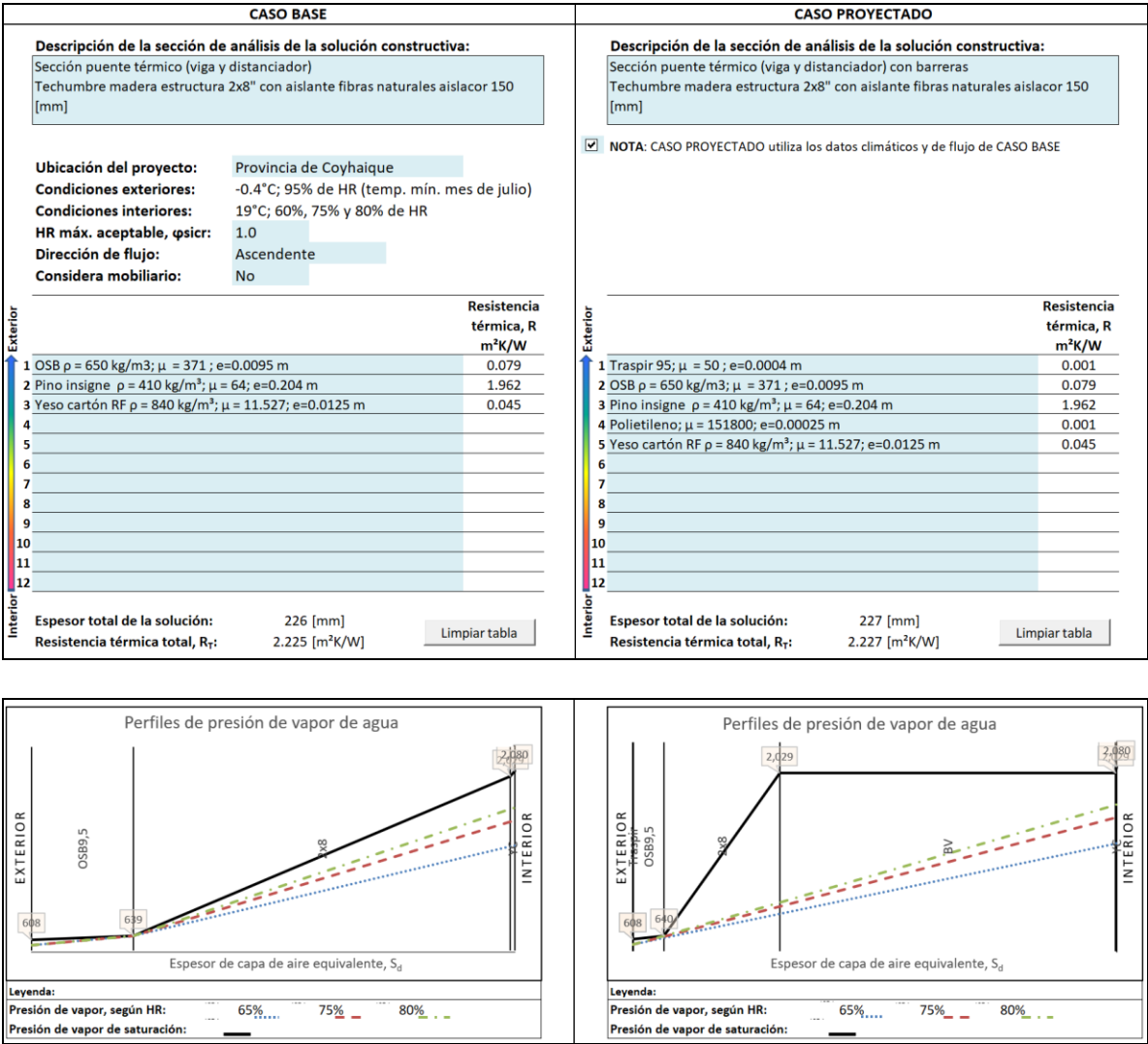
<

La sección de aislante tiene un riesgo considerablemente mayor de producir condensación, aún especificando las barreras suficientes para la sección del puente térmico en vigas y distanciadores. Considerando lo anterior, la especificación de las barreras debe realizarse en base al sector aislante ya que representa el caso más desfavorable. Entonces, para eliminar el riesgo de condensación superficial y reducir el riesgo de condensación intersticial, en los escenarios de porcentaje de humedad relativa interior antes mencionados, se especifican las siguientes barreras:

- Barrera de vapor:
 - Instalada entre el entramado de madera (pies derechos) y la placa de revestimiento interior (yeso-cartón)
 - Barrier SD150:
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0002 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 725.000
 - Se analizó como alternativa la barrera tipo Barrier ALU Net SD150 o Barrier ALU Net SD1500, obteniendo los mismos resultados.
- Barrera de humedad:
 - Instalada sobre la cara exterior de la placa OSB
 - Traspir 95
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0004 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 50
 - Se analizaron como alternativas las barreras tipo Typar y Tyvek HouseWrap, obteniendo resultados similares.

7.3 Techumbre tipo 3

A. Análisis sección puente térmico (viga-distanciador)

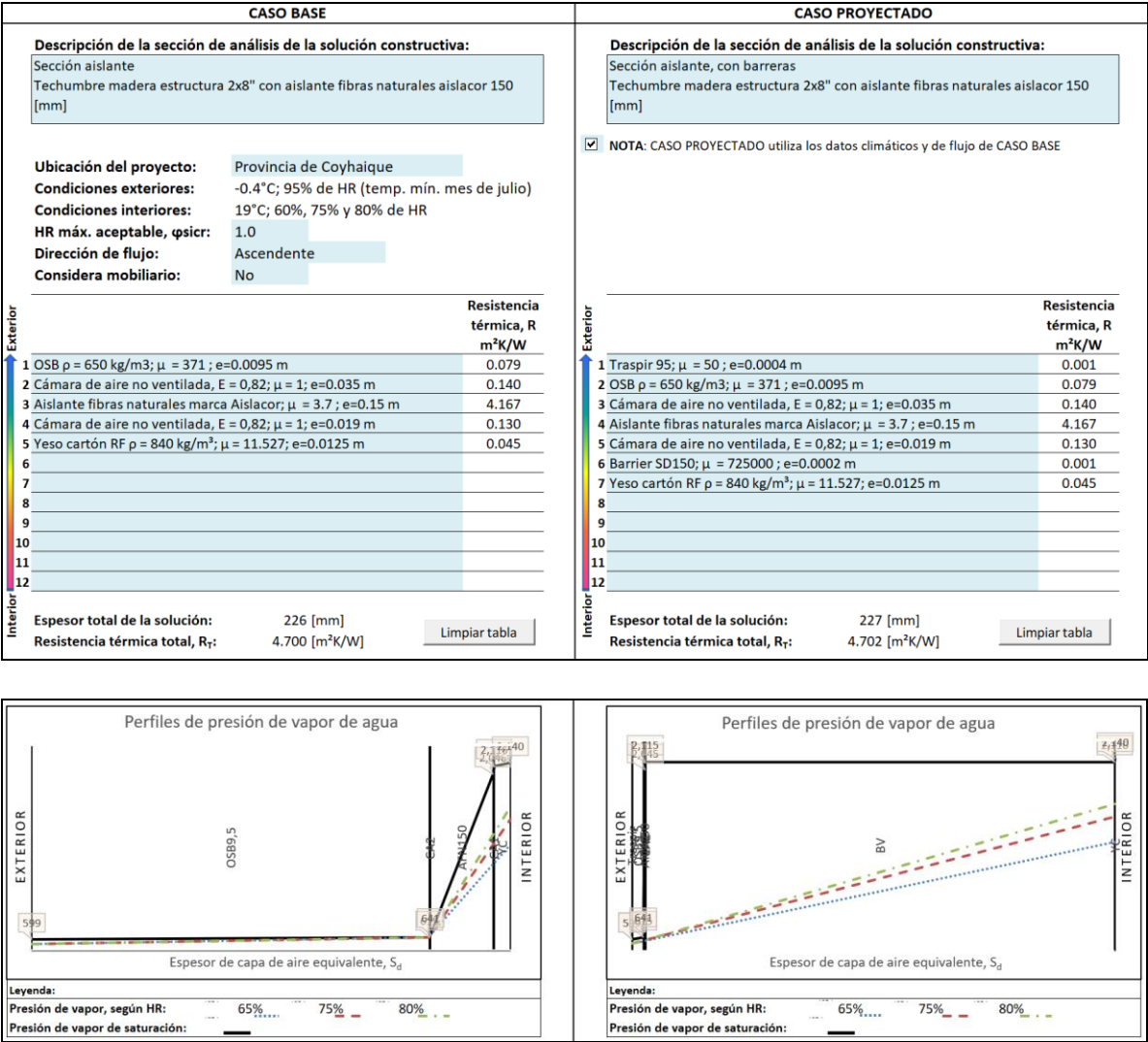


CASO BASE					CASO PROYECTADO				
Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva: Sección puente térmico (viga y distanciador) Techumbre madera estructura 2x8" con aislante fibras naturales aislacor 150 [mm]					Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva: Sección puente térmico (viga y distanciador) con barreras Techumbre madera estructura 2x8" con aislante fibras naturales aislacor 150 [mm]				
Calcular HR Cond.	Limpiar	Puntos de análisis			HR Cond.				
HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	57%	HR interior, ϕ_i :	65%	75%	80%	81%
Condensación superficial:	No	No	No	No	Condensación superficial:	No	No	No	No
Res. Térmica caso base	2.225	2.225	2.225	2.225	Res. Térmica caso proyectado	2.227	2.227	2.227	2.227
Res. Térmica total mín, $R_{t,min}$	0.289	0.428	0.550	0.223	Res. Térmica total mín, $R_{t,min}$	0.289	0.428	0.550	0.582
Condensación intersticial:	Sí	Sí	Sí	Sí	Condensación intersticial:	No	No	No	Sí
Detalle de interfases con condensación:					Detalle de interfases con condensación:				
Superficie exterior					Superficie exterior				
Interfase 1	X	X	X	X	Interfase 1				
Interfase 2					Interfase 2				X
Superficie interior					Interfase 3				
					Interfase 4				
					Superficie interior				
N° Interfases condensación:	1	1	1	1	N° Interfases condensación:	0	0	0	1
Total:	3 Interfases				Total:	0 Interfases			

Para eliminar el riesgo de condensación superficial y reducir el riesgo de condensación intersticial, en los escenarios de porcentaje de humedad relativa interior antes mencionados, para la sección de puente térmico (vigas y distanciadores) se especifican las siguientes barreras:

- Barrera de vapor:
 - Instalada entre el entramado de madera (pies derechos) y la placa de revestimiento interior (yeso-cartón)
 - Polietileno:
 - Marca: Genérico
 - Espesor: 0,00025 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 151.800
 - Se analizó como alternativa la barrera, obteniendo los mismos resultados.
- Barrera de humedad:
 - Instalada sobre la cara exterior de la placa OSB
 - Traspir 95
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0004 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 50
 - Se analizaron como alternativas las barreras tipo Tytar y Tyvek HouseWrap, obteniendo resultados similares.

B. Análisis sección aislante



CASO BASE

Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:

Sección aislante
Techumbre madera estructura 2x8" con aislante fibras naturales aislacor 150 [mm]

Calcular HR Cond.

Limpiar

Puntos de análisis

HR Cond.

HR interior, ϕ_i :

65%

75%

80%

44%

Condensación superficial:

No

No

No

No

Res. Térmica caso base

4.700

4.700

4.700

4.700

Res. Térmica total min, $R_{T,min}$

0.289

0.428

0.550

0.155

Condensación intersticial:

Sí

Sí

Sí

Sí

Detalle de interfaces con condensación:

Superficie exterior

Interfase 1

Interfase 2

Interfase 3

Interfase 4

Superficie interior

La sección de aislante tiene un riesgo considerablemente mayor de producir condensación, aún especificando las barreras suficientes para la sección del puente térmico en vigas y distanciadores. Considerando lo anterior, la especificación de las barreras debe realizarse en base al sector aislante ya que representa el caso más desfavorable. Entonces, para eliminar el riesgo de condensación superficial y reducir el riesgo de condensación intersticial, en los escenarios de porcentaje de humedad relativa interior antes mencionados, se especifican las siguientes barreras:

- Barrera de vapor:
 - Instalada entre el entramado de madera (pies derechos) y la placa de revestimiento interior (yeso-cartón)
 - Barrier SD150:
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0002 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 725.000
 - Se analizó como alternativa la barrera tipo Volcan Wrap, Barrier ALU Net SD150 o Barrier ALU Net SD1500, obteniendo los mismos resultados.
- Barrera de humedad:
 - Instalada sobre la cara exterior de la placa OSB
 - Traspir 95
 - Marca: Rothoblaas
 - Espesor: 0,0004 [mm]
 - Factor de resistencia al vapor de agua (μ): 50
 - Se analizaron como alternativas las barreras tipo Typar y Tyvek HouseWrap, obteniendo resultados similares.

8. Conclusiones

Se concluye que todas las soluciones estudiadas pueden cumplir con los PDA respectivos para los cuales fueron analizadas.

Dada la baja conductividad y permeabilidad de los elementos de madera, la sección de las soluciones con mayor riesgo de condensación es la del aislante. Considerando que esta representa el caso más desfavorable, las especificaciones de barreras a considerar deben ser las analizadas en dicha sección y no en la de puente térmico (pie derecho o viga).

En el estudio de definición de barreras de vapor y humedad en las soluciones constructivas para la zona del Plan de Descontaminación Atmosférico de Coyhaique se puede prevenir la condensación de 2 maneras diferentes:

- 1) Incorporando barreras de vapor de alto estándar, como lo es el caso del “Barrier ALU Net SD150” y “Barrier ALU Net SD1500” de Rothoblaas, u otro similar.
 - Solución sencilla de ejecutar
 - Mayor costo que una barrera de vapor estándar (ej: polietileno o papel Kraft)
 - Producto no disponible de manera inmediata en el territorio nacional. Requiere la compra con al menos 40 días de anticipación para poder importarlo.
- 2) Cambiando la posición de la paca estructural OSB desde la cara exterior del entramado a la cara interior.
 - Solución más económica.
 - Estructuralmente el desempeño es el mismo que con la placa en la cara exterior.
 - Este tipo de solución requiere un ensayo de resistencia a fuego ya que no hay antecedentes en el listado oficial de Minvu ni en la experiencia del CIM UC, y la información disponible no es suficiente para realizar una asimilación de resistencia a fuego.
 - Constructivamente menos fácil de ejecutar
 - La barrera de humedad debe instalarse directamente sobre los pies derechos en la cara externa del entramado, en vez de instalarse sobre la placa OSB.
 - La barrera de vapor de vapor puede estar más susceptible a desgarros.

9. Anexos

9.1 Ensayo conductividad térmica aislante fibras naturales Aislacor: Informe N°1607325-DICTUC



INFORME DE ENSAYOS N° 1607325
FECHA 11-09-2023

(Anula y reemplaza al 1604574)

La siguiente información corresponde a las características del aparato de placa caliente de guarda:

Marca	Lambda-Meßtechnik
Modelo	EP500e
Serie N°	G237
Código Dictuc interno	ARM-EN-ET-0003
Tipo de aparato	De una probeta
Orientación de la probeta	Horizontal
Dirección de transferencia de calor	Perpendicular a la superficie de la probeta
Ubicación del plato caliente	Sección superior

4. Propiedades de transmisión térmica

Periodo de ensayo	Δt	24	horas
Densidad aparente del material seco	ρ_d	55,08	kg/m ³
Masa por área del material seco	m	2754	g/m ²
Espesor antes del ensayo	d	0,050	m
Espesor después del ensayo	d	0,050	m
Diferencias de temperatura	Δ	5	K
Conductividad térmica a 10°C	λ	0,036	W/m K
Resistencia térmica a 10°C	R	1,389	m ² K/W

Nota: Este ensayo cumple con todos los requisitos del método de ensayo NCH850 Of.2008, exceptuando que en el presente informe no se indica la densidad de flujo calor en W/m², debido a que el equipo empleado es automático e informa la conductividad en forma directa.

Normas Generales

La información contenida en el presente informe constituye el resultado de un ensayo, calibración o inspección técnica específica acotada únicamente a las piezas, partes, instrumentos, patrones o procesos analizados, lo que en ningún caso permite al **Mandante** afirmar que sus productos han sido certificados por Dictuc ni reproducir de ninguna forma el logo, nombre o marca registrada de Dictuc. El **Mandante** declara conocer y aceptar los términos y condiciones generales para la prestación de servicios, disponibles para todo el público en su sitio web oficial www.dictuc.cl/tyc

Resumen de cambios:

Este informe anula y reemplaza a informe Dictuc N°1604574 de fecha 08 de agosto de 2023, por los siguientes cambios:

- Se modifica la información, en portada Antecedente del Servicio. Muestra.
- Se modifica la información, en apartado 1. Antecedente de la muestra. Muestra.

Verifique autenticidad del documento en www.dictuc.cl/verifica con el código **lt4ogn18869d**

9.2 Ensayo permeabilidad al vapor de agua aislante fibras naturales Aislacor: Informe N°1607326– DICTUC



INFORME DE ENSAYOS N° 1607326
FECHA 11-09-2023

(Anula y reemplaza al 1604625)

4. Resultados de las mediciones

Parámetro	Unidad	Resultados			
		P1	P2	P3	Promedio
Flujo de vapor de agua (G)	kg/s	2,90x10 ⁻⁸	2,97x10 ⁻⁸	2,89x10 ⁻⁸	2,92x10⁻⁸
Densidad de flujo (g)	kg/m ² s	1,48x10 ⁻⁶	1,51x10 ⁻⁶	1,47x10 ⁻⁶	1,49x10⁻⁶
Permeancia al vapor de agua (W)	kg/m ² s Pa	1,14x10 ⁻⁹	1,16x10 ⁻⁹	1,13x10 ⁻⁹	1,14x10⁻⁹
Resistencia a la difusión de vapor de agua (Zp)	m ² s Pa/kg	8,80x10 ⁸	8,59x10 ⁸	8,83x10 ⁸	8,74x10⁸
Permeabilidad al vapor de agua (δ)	kg/m s Pa	5,80x10 ⁻¹¹	5,82x10 ⁻¹¹	6,12x10 ⁻¹¹	5,91x10⁻¹¹
Resistencia al vapor de agua	MN s / g	0,90	0,88	0,91	0,90
Resistividad a la difusión de vapor de agua	m s Pa/kg	1,72x10 ¹⁰	1,72x10 ¹⁰	1,63x10 ¹⁰	1,69x10¹⁰
Factor de resistencia al vapor de agua (μ)	---	3,8	3,8	3,6	3,7
Espesor mínimo barrera al vapor de agua	m	4,80x10 ⁻¹	4,82x10 ⁻¹	5,07x10 ⁻¹	4,90x10⁻¹
Espesor aire equivalente al vapor de agua	m	0,19	0,19	0,19	0,19

Observaciones:

- El Código Técnico de la Edificación CTE de España, en el documento básico HS1 de Protección Contra la Humedad apéndice A, define la barrera de vapor como todo elemento que tiene una resistencia a la difusión de vapor mayor que 10 MN s/g equivalente a $9,72 \times 10^9 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{kg}$.
- La norma NCh2457-2014 establece en su alcance que, si el espesor de la capa de aire equivalente a la difusión de vapor es mayor que 1500 m, el material se puede considerar impermeable.

Normas Generales

La información contenida en el presente informe constituye el resultado de un ensayo, calibración o inspección técnica específica acotada únicamente a las piezas, partes, instrumentos, patrones o procesos analizados, lo que en ningún caso permite al Mandante afirmar que sus productos han sido certificados por Dictuc ni reproducir de ninguna forma el logo, nombre o marca registrada de Dictuc. El Mandante declara conocer y aceptar los términos y condiciones generales para la prestación de servicios, disponibles para todo el público en su sitio web oficial www.dictuc.cl/tyc

Resumen de cambios:

Este informe anula y reemplaza a informe Dictuc N°1604625 de fecha 30 de agosto de 2023, por los siguientes cambios:

- Se modifica la información, en portada. Antecedentes del Servicio. Muestra.
- Se modifica la información, en apartado 2. Descripción de los ensayos. Muestra.

Verifique autenticidad del documento en www.dictuc.cl/verifica con el código

uakbj218869e