

Valdivia, 29 de noviembre de 2010

De: Certificación e Investigación de la Vivienda Austral, CIVA. Universidad Austral de Chile.

Para: Juan Cerpa Matamala, Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente, Región de Los Ríos.

Ref: Entrega Informe N°3, Estudio *“Evaluación de la Demanda de Calefacción y Propuestas de Mejoras en la Envolvente Térmica en Viviendas de la Ciudad de Valdivia”*

Estimado,

Junto con saludarle, adjunto a Ud. Informe N°3 que corresponde al Estudio *“Evaluación de la Demanda de Calefacción y Propuestas de Mejoras en la Envolvente Térmica en Viviendas de la Ciudad de Valdivia”*, de acuerdo a lo expuesto en las Bases Administrativas y Especificaciones Técnicas de la Licitación ID:5604-09-L110.

Ing. Rubén Seguel V.
Unidad Estudios
CIVA - UACH

Ing. Eduardo Larrucea V.
Gerente Operaciones
CIVA - UACH



Universidad Austral de Chile



INFORME N°3

Estudio *“Evaluación de la Demanda de Calefacción y Propuestas de Mejoras en la Envoltente Térmica en Viviendas de la Ciudad de Valdivia”*

--- Valdivia, 29 de Noviembre de 2010 ---



INTRODUCCIÓN

De acuerdo a los datos entregados por la CONAMA a través de las Especificaciones Técnicas de la licitación “**Evaluación de la Demanda de Calefacción y Propuesta de mejoras en la Envolvente Térmicas en viviendas de la ciudad de Valdivia**”, la salud de los habitantes de las ciudades del centro - sur de Chile es afectada por la mala calidad del aire debido en gran parte a la combustión residencial de leña. Ciudades como Santiago y Temuco ya han sido declaradas como zona Saturada por PM10, mientras que ciudades como Rancagua, Talca, Concepción, Talcahuano, Chillán, Los Ángeles, **Valdivia**, Osorno y Coihaique se presentan valores de Latencia o Saturación por PM10.

En la Región de los Ríos, el uso masivo de leña para calefacción residencial con altos contenidos de humedad, sumado a vientos débiles y bajas temperaturas, han generado problemas en la calidad del aire durante los meses de otoño – invierno. En Valdivia, única comuna de la región en la cual se realizan los monitoreos, los resultados para el año 2008 y 2009, confirman que la ciudad se encuentra con problemas de saturación del aire por PM 10, al registrar 17 y 15 eventos respectivamente, sobre la norma diaria ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) que indica no más de 7 durante un año.

En estas ciudades y comunas urbanas, el problema de deterioro en la calidad del aire es causado principalmente por la demanda de parte de los hogares de energía para calefacción y preparación de alimentos. La eficiencia energética y el nivel de contaminación y deterioro de la calidad del aire (tanto interior como exterior), que proviene de la combustión a leña se ve influenciado por los siguientes factores

- 1) El nivel de consumo de leña;
- 2) El contenido de humedad de la leña en uso;
- 3) La forma de operar tanto el combustible como los equipos de combustión,
- 4) Las características técnicas de los equipos de combustión utilizados
- 5) Las infiltraciones de aire y la envolvente térmica, determinadas por las características arquitectónicas y constructivas de las edificaciones, que permiten la concentración de contaminantes al interior de las viviendas y el mayor consumo de combustible para calefacción.



OBJETIVO GENERAL

Determinar la demanda energética para calefacción anual de viviendas construidas en la ciudad de Valdivia, antes de la modificación del artículo 4.1.10 de la O.G.U.C. y aquellas construidas bajo la legislación de esta modificación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características de consumo de combustible para calefacción en las viviendas de la ciudad de Valdivia.
- Determinar los coeficientes de transmitancia térmica ("U") para los distintos parámetros que conforman la envolvente de la vivienda, compuesto por piso ventilado, techumbre, muro y ventanas mediante uso de Software CCTE del MINVU y mediante uso de la NCh 853 of2007.
- Analizar la ocurrencia de condensación intersticial o superficial en los distintos paramentos de la vivienda, mediante Software CYMAP – QuickSlab y NCh 1980of88.
- Analizar el cumplimiento de resultados obtenidos de acuerdo a las exigencias presentes en el artículo 4.1.10 de la OGUC, mediante uso de Software CCTE del MINVU y mediante uso de la NCh 853 of2007.
- Calcular la demanda de calefacción anual de la vivienda, mediante uso de Software CCTE del MINVU
- Evaluación económica y estudio de soluciones constructivas de la envolvente térmica de las viviendas estudiadas.

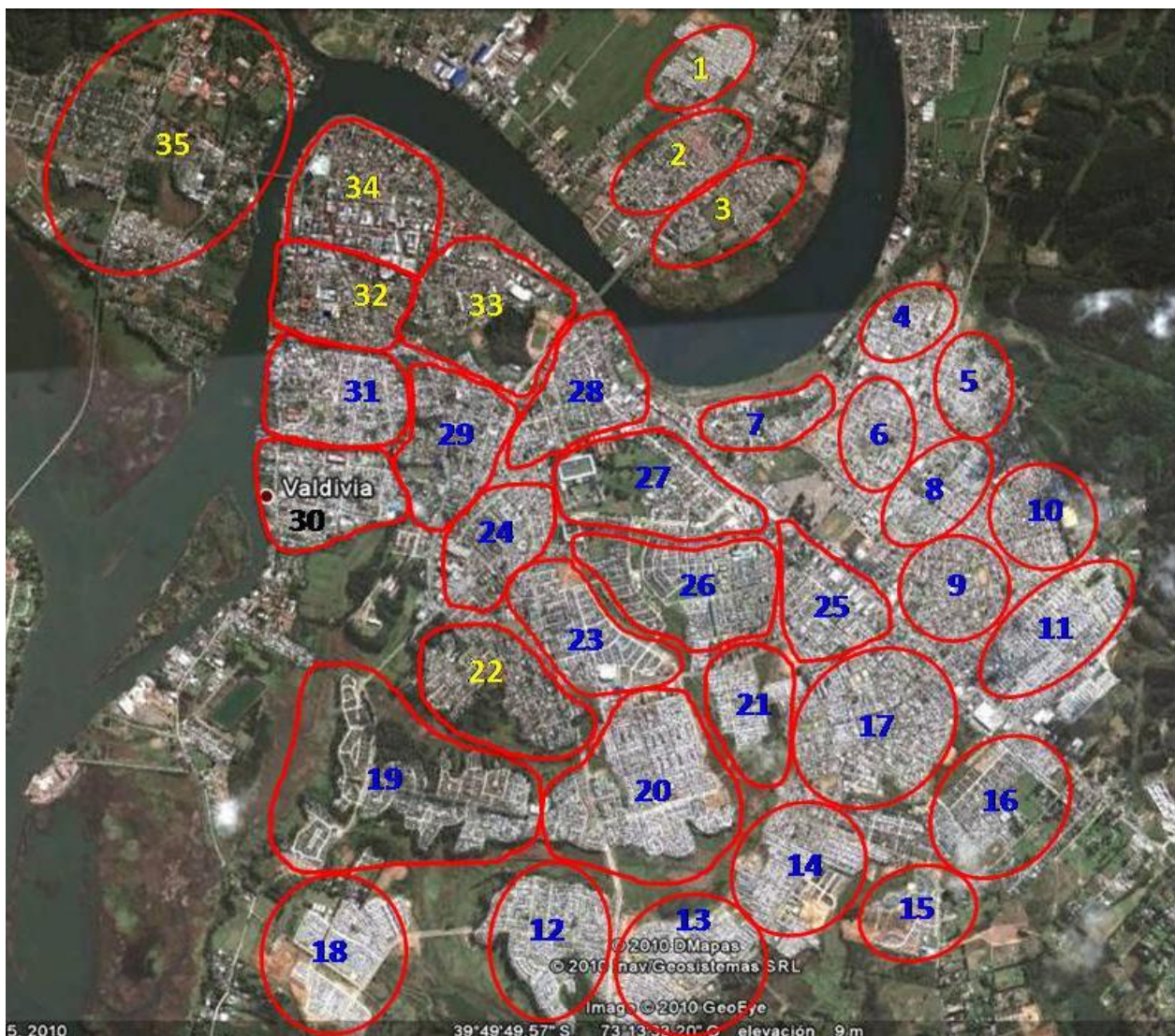
ESTADO DE TRABAJO – INFORME N°1

De acuerdo a la Propuesta Técnica presentada para la licitación, para el Informe N°1 se tiene lo siguiente:

1.- Realización de un muestreo aleatorio en la ciudad de Valdivia, agrupando la mayor cantidad de tipos de viviendas de acuerdo a sus características constructivas, considerando un mínimo de **50 Modelos Distintos. (Ver Anexo A)**

El procedimiento para la realización de este muestreo es:

1.1.- Para la ciudad de Valdivia, determinar las poblaciones y/o barrios de acuerdo sus tipologías constructivas (viviendas de madera, albañilería, hormigón, etc). Para ello se utilizarán diversos medios, esto son, recorrido visual por la ciudad, revisión de planos en la municipalidad de Valdivia y SERVIU, etc. Con la finalidad de poder realizar un trabajo ordenado y claro, **se opta por dividir la ciudad de Valdivia en 35 zonas**, bajo el criterio de agrupar la mayor cantidad de tipos de viviendas de acuerdo a sus características constructivas.





1.2.- Con los datos anteriormente obtenidos, se procederá a entregar una carta a los propietarios de las viviendas solicitando su colaboración en la realización de este estudio. Se considerará un muestreo de 5 viviendas por tipo de construcción, con lo cual se obtendrá una matriz de 250 muestras como mínimo. **(Ver Anexo B)**

Cuando se tenga respuesta favorable a esta petición, se programará una visita a estas viviendas y con la ayuda de una encuesta se recopilará toda la información necesaria para los distintos parámetros que determinan la demanda energética para calefacción en las viviendas, la cual se detalla a continuación:

- Características constructivas de los muros, piso ventilado, techumbre y puertas:
 - Tipo de material
 - Espesor
- Tipo, dimensiones y orientación de los vanos vidriados.
- Superficie de los muros, piso ventilado, techumbre y puertas
- Tipo de calefacción
- Cantidad de combustible utilizado para calefacción

De acuerdo a esta encuesta, se puede recopilar toda la información de la vivienda, desde el punto de vista ubicación, costo, uso, medio de calefacción.

	<h2>Universidad Austral de Chile</h2>	
POSEE PLANOS LA VIVIENDA? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO PROPIETARIO PERMITE TOMAR MEDIDAS: <input type="checkbox"/> CUANDO: _____		
<u>DATOS DE LA VIVIENDA</u>		
DIRECCION: _____		
VILLA/POBLACIÓN: _____		
AÑO CONSTRUCCIÓN: _____ COSTO APROX.: _____		
AÑO RECEPCION DE OBRAS: _____		
USO: _____		
<u>TIPO COMBUSTION:</u>		
<input type="checkbox"/>	LEÑA _____ [Mt]	modelo: _____
<input type="checkbox"/>	GAS _____ [kg]	modelo: _____
<input type="checkbox"/>	PARAFINA _____ [Lt]	modelo: _____
<input type="checkbox"/>	ELECTRICA _____ [W]	modelo: _____
<input type="checkbox"/>	Petroleo _____ [Lt]	modelo: _____
OTROS _____		



También con esta encuesta, se puede determinar las características constructivas de la envolvente térmica de la vivienda, como por ejemplo el espesor de los materiales y que tipo de material está presente en la vivienda

CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA			
1.- MUROS			
<i>PRIMER PISO</i>		<i>SEGUNDO PISO</i>	
A) TABIQUERIA:	<i>Madera</i>	<input type="text"/>	mm.
	<i>Metalcon</i>	<input type="text"/>	mm.
B) AISLANTE	<i>Lana Mineral</i>	<input type="text"/>	mm.
	<i>Aislapol</i>	<input type="text"/>	mm.
	<i>Lana de Vidrio</i>	<input type="text"/>	mm.
	<i>Fisiterm</i>	<input type="text"/>	mm.
	<i>Poliuretano proyec.</i>	<input type="text"/>	mm.

Con estos tópicos podemos determinar claramente los antecedentes necesarios para desarrollar las futuras modelaciones térmicas de las viviendas en estudios.

Además esto se complementa con la información obtenida de la Dirección de Obras Municipales de la Ilustre Municipalidad de Valdivia, en la cual hasta la fecha se han encontrado antecedentes de **62 MODELOS**, las cuales se detallan a en el **Anexo B**

METODOLOGÍA DE TRABAJO – INFORME Nº2

Para el **Informe Nº2**, con los datos obtenidos durante el proceso de recopilación de información, se podrá determinar y clasificar las viviendas estudiadas.

1.- De acuerdo a la “NCh 853 - Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas” se podrá determinar la **Transmitancia Térmica** para los distintos paramentos que conforman la envolvente de la vivienda, compuesto por Piso Ventilado, Techumbre, Muro, Puertas y Ventanas. Cabe señalar que la Transmitancia Térmica es el inverso de la Resistencia Térmica. **(Ver Anexo D)**

Según esta normativa, para un elemento formado por una serie de capas o placas planas y paralelas de materiales distintos en contacto entre sí, la resistencia térmica total, queda dada por:

$$R_t = \frac{1}{U} = R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}$$

Donde:

R_{si} = resistencia térmica de superficie al interior.

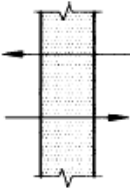
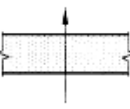
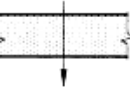
R_{se} = resistencia térmica de superficie al exterior.

e = espesor elemento

λ = conductividad térmica de los elementos

$\sum e / \lambda$ = sumatoria de las resistencias térmicas de las capas que conforman el elemento.

En la tabla siguiente se dan los valores **R_{si}** , **R_{se}** y **(R_{si} + R_{se})** que deben considerarse para los cálculos señalados en esta norma, según el sentido del flujo de calor, la posición y situación del elemento separador y la velocidad del viento.

Resistencias térmicas de superficie en m ² · K/W						
Posición del elemento y sentido del flujo de calor	Situación del elemento					
	De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
	R _{si}	R _{se}	R _{si} + R _{se}	R _{si}	R _{se}	R _{si} + R _{se}
Flujo horizontal en elementos verticales o con pendiente mayor de 60° respecto a la horizontal 	0,12	0,05	0,17	0,12	0,12	0,24
Flujo ascendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual a 60° respecto a la horizontal 	0,09	0,05	0,14	0,10	0,10	0,20
Flujo descendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual a 60° respecto a la horizontal 	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

La *Conductividad térmica*, λ, es la cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. Se expresa en W/(m · °K). Este valor se puede obtener según la siguiente.

Conductividad Térmica de los Materiales

MATERIAL	DENSIDAD APARENTE kg/m ³	CONDUCTIVIDAD TERMICA, λ W (M/K)
Adobe	0,012	0,024
Baldosas cerámicas	-	1,75
Fibro-cemento	920	0,22
	1000	0,23
	1135	0,23
Hormigón armado (normal)	2400	1,63
Hormigón con áridos ligeros	1000	0,33
	1400	0,55
Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	260	0,088
	320	0,105
	430	0,134
	640	0,214
	840	0,269
	1100	0,387
Ladrillo macizo hecho a máquina	1000	0,46
	1200	0,52
	1400	0,60
	1800	0,79
	2000	1,00
Ladrillo hecho a mano	-	0,50
Lana mineral, colchoneta libre	40	0,042
	50	0,041
	70	0,038
	90	0,037
	110	0,040
	120	0,042
Maderas		
- álamo	380	0,091
- alerce	560	0,134
- coigüe	670	0,145
- lingue	640	0,136
- pino insigne	410	0,104
- raulí	580	0,121
- roble	800	0,157
Maderas, tableros aglomerados de partículas	400	0,095
	420	0,094
	460	0,098
	560	0,102
	600	0,103
	620	0,105
	650	0,106

MATERIAL	DENSIDAD APARENTE kg/m ³	CONDUCTIVIDAD TERMICA, λ W (M/K)
Maderas, tableros de fibra	850	0,23
	930	0,26
	1030	0,28
Mármol	2500 - 2850	2,00 - 3,50
Mortero de cemento	2000	1,40
Poliestireno expandido	10	0,0430
	15	0,0413
	20	0,0384
	30	0,0361
Poliuretano expandido	25	0,0272
	30	0,0262
	40	0,0250
	45	0,0245
	60	0,0254
	70	0,0274
Rocas compactas	2500 - 3000	3,50
Vidrio plano	2500	1,2
Yeso - cartón	650	0,24
	700	0,26
	870	0,31

Materiales no contemplados en la NCh. 853

MATERIAL	DENSIDAD APARENTE kg/m ³	CONDUCTIVIDAD TERMICA, λ W (M/K)
Hormigón celular (a)	603	0,16
Lana de vidrio (b)	10	0,044
	11	0,0424
	12	0,041
	13,1	0,04

(a) Certificado de Ensaye IDIEM N°252.968

(b) Informe de Ensaye IDIEM N°409.927

2.- Además, en esta encuesta se considera la determinación del tipo y cantidad de combustible que se utiliza para calefacción. También es importante saber cual es la calidad de confort térmico de los habitantes de las viviendas.

Se adjunta esta información en el **Anexo B**.

3.- De acuerdo a la "NCh 1980 - Acondicionamiento térmico – Aislación Térmica – Determinación de la ocurrencia de condensaciones intersticiales" y el Software CYMAP – QuickSlab, se podrá determinar la **Ocurrencia de condensación intersticial o superficial** para los distintos paramentos que conforman la envolvente de la vivienda, compuesto por Piso Ventilado, Techumbre, Muro y Ventanas.

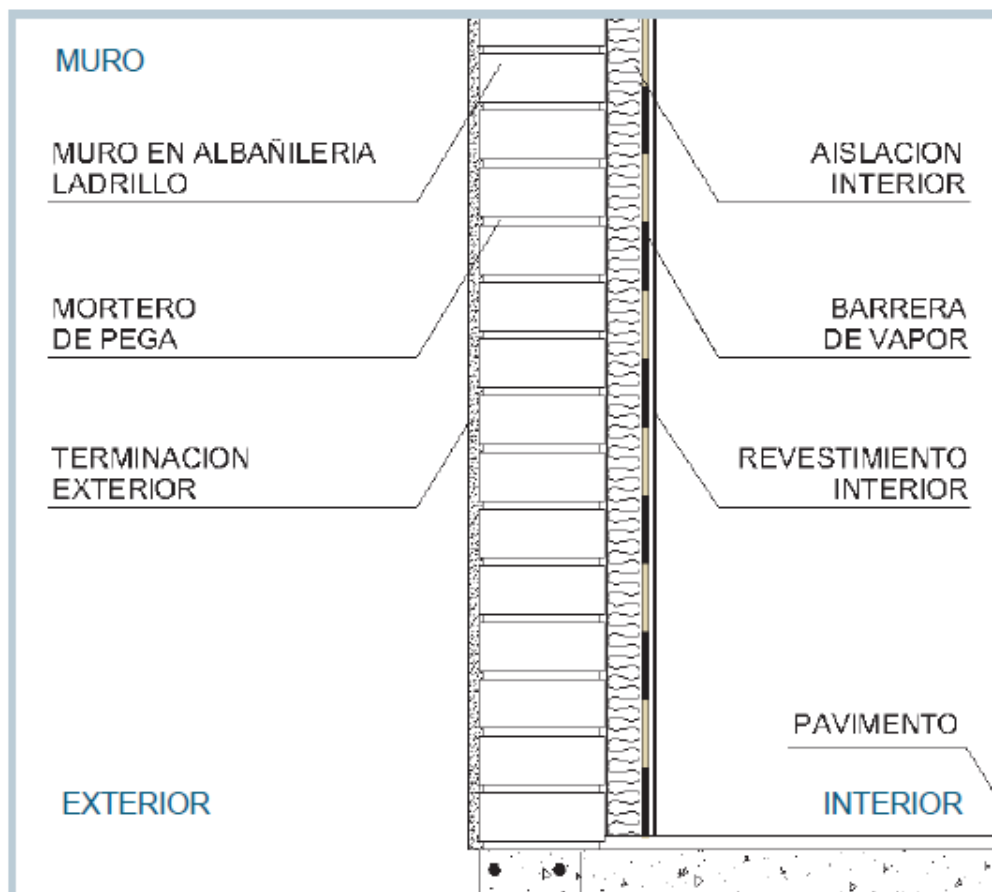
El vapor de agua que se genera en los ambientes interiores de los edificios, produce un aumento de la presión de vapor del aire, ocasionando una diferencia de presión de vapor entre el interior y exterior de los edificios (difusión de vapor).

El fenómeno de la difusión del vapor de agua a través de un elemento, obedece a leyes análogas a las que rigen la transmisión del calor en régimen permanente.

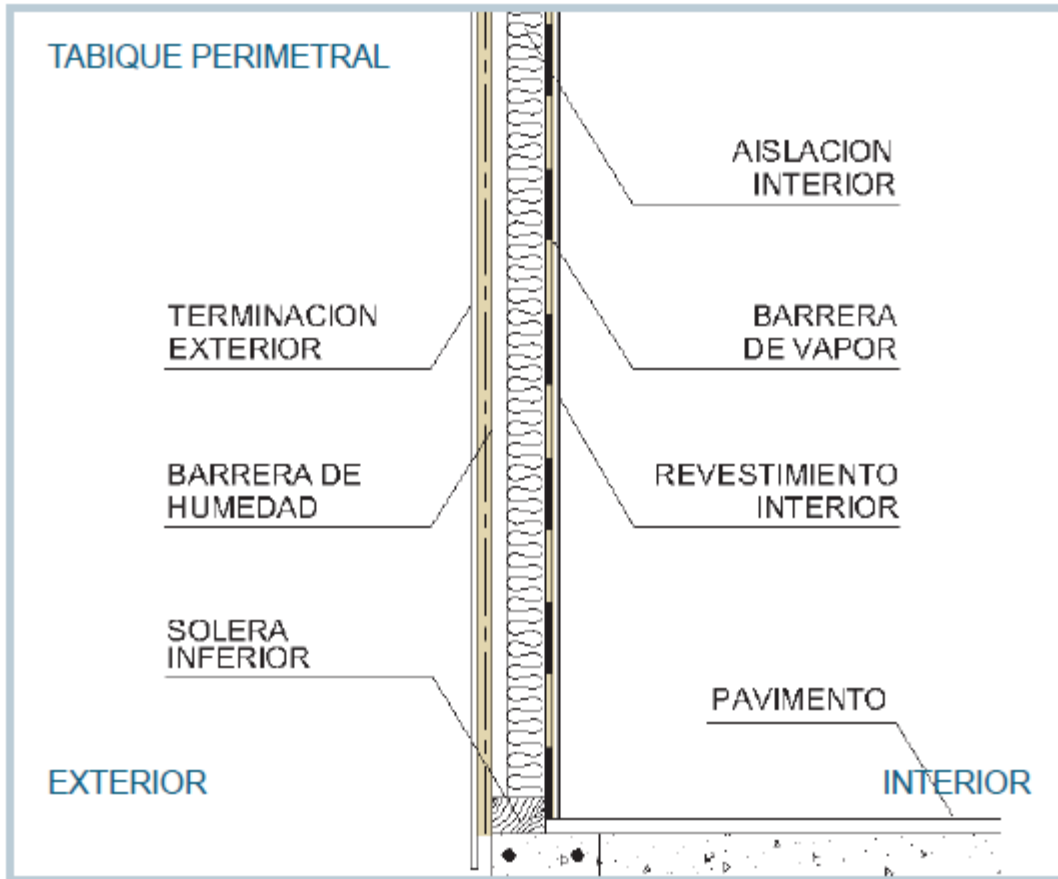
Si en algún lugar del interior de un elemento constructivo se alcanza una presión igual o superior a la presión de saturación, se producirá condensación dentro del elemento (condensación intersticial)

El **artículo 4.1.10** de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción señala en su **Punto 2, letra e)** *“Cuando el complejo muro incorpore materiales aislantes, la solución constructiva deberá considerar barreras de humedad y/o de vapor, según el tipo de material incorporado en la solución constructiva y/o estructura considerada.”*

Ejemplo Albañilería Perimetral

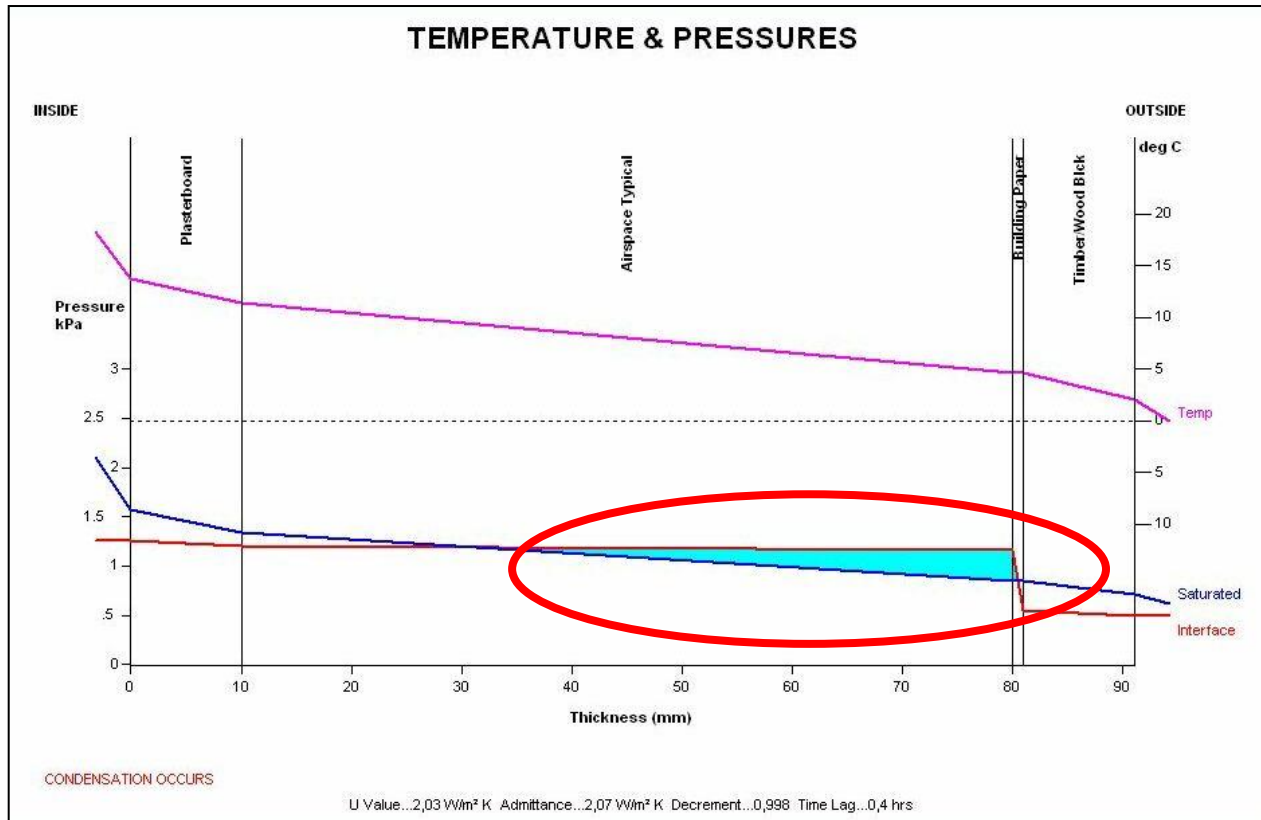


Ejemplo Tabique Madera Perimetral



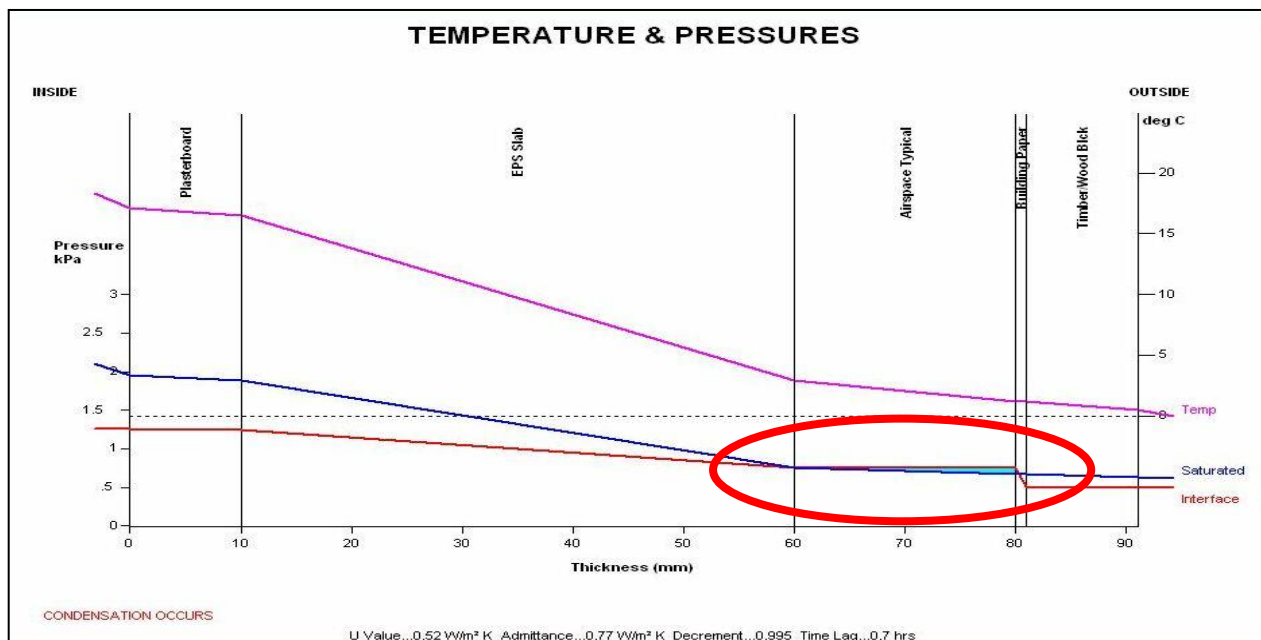
De acuerdo a los datos obtenidos de las viviendas estudiadas, estas generalmente presentan la siguiente composición de muro perimetral:

Tabiquería de madera sin material aislante, con revestimiento interior y revestimiento exterior. Además posee barrera de humedad bajo el revestimiento exterior



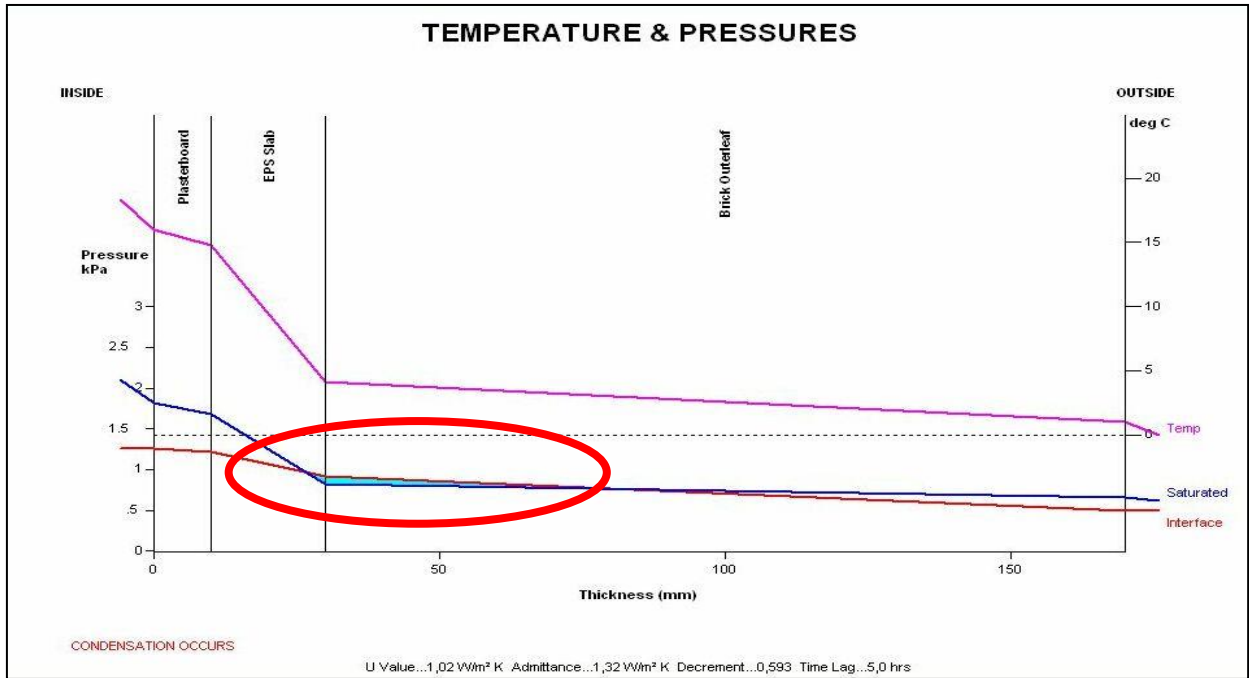
Estado: Existe Riego de Condensación al interior del tabique

Tabiquería de madera con material aislante, con revestimiento interior y revestimiento exterior. Además posee barrera de humedad bajo el revestimiento exterior



Estado: Existe Riego de Condensación al interior del tabique

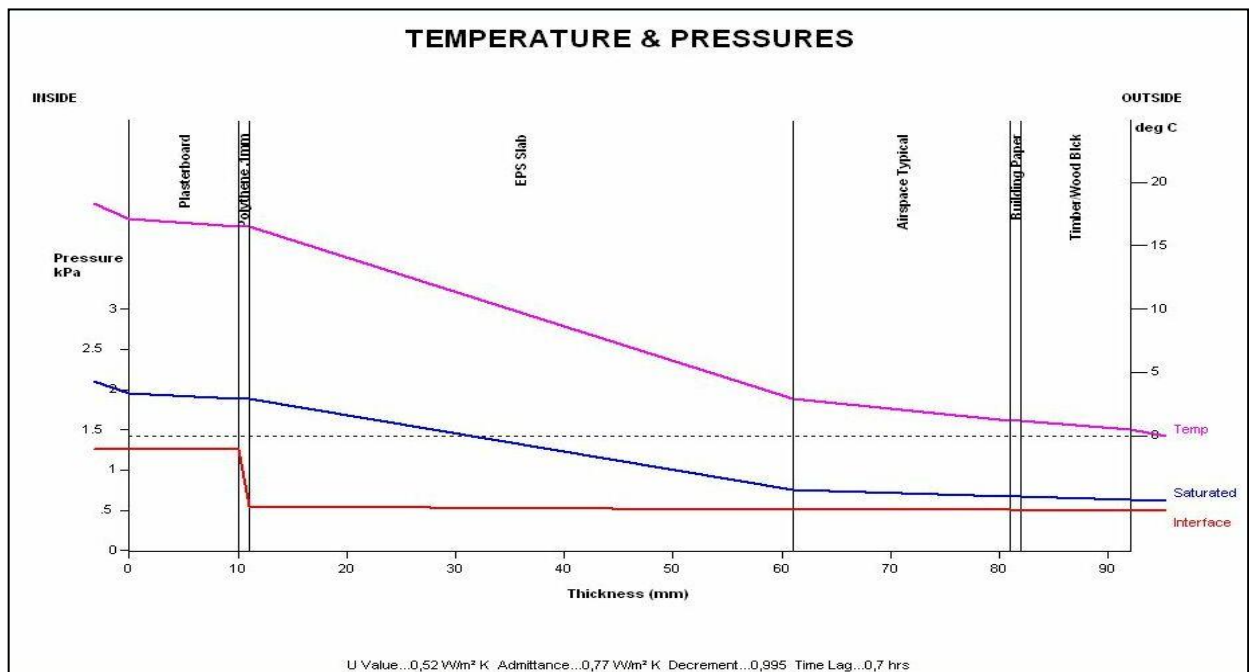
Albañilería con aislamiento interior y revestimiento interior:



Estado: Existe Riesgo de Condensación entre el material aislante y la albañilería

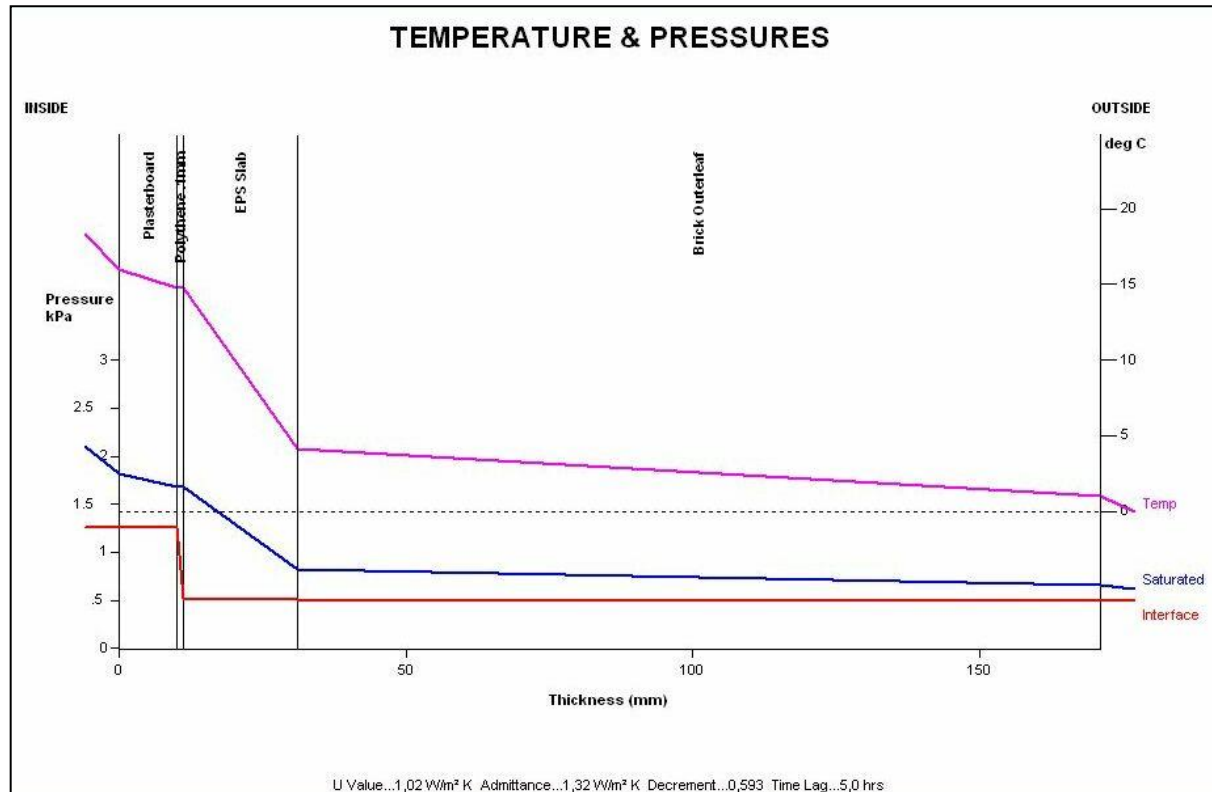
Con respecto a las soluciones planteadas en el Anexo D, se indica que estas llevarán barrera de vapor en los lugares señalados en la hoja N°11 de este informe. La justificación es la siguiente:

Tabiquería de madera con material aislante, con revestimiento interior y revestimiento exterior. Además posee barrera de humedad bajo el revestimiento exterior y barrera de vapor bajo el revestimiento interior



Estado: No Existe riesgo de Condensación

Albañilería con aislación interior y barrera de vapor entre el revestimiento interior y el material aislante:



Estado: No Existe riesgo de Condensación

Una vez determinadas las características constructivas de las distintas viviendas estudiadas, se utilizará el **Software CTE – MINVU**. Este software es la Herramienta Oficial de Certificación de Comportamiento del MINVU, el cual es un instrumento actualizado y completo que permite junto con acreditar el cumplimiento de la Reglamentación Térmica vigente (art. 4.1.10. OGUC), estima el nivel de demanda y consumo energético en calefacción y refrigeración para las viviendas en Chile. Además este software se complementará con cálculos basados en bibliografía especializada y normas chilenas.

1.- Con la ayuda de este software y cálculos basados en bibliografía especializada y normas chilenas, se **modelarán** cada una de las viviendas tipificadas en la etapa anterior y se **analizará el cumplimiento de los resultados** obtenidos de acuerdo a las exigencias presentes en el artículo 4.1.10 de la OGUC. **(Ver Anexo D)**

Según lo señalado en el Artículo 4.1.10. de la OGUC, todas las viviendas deberán cumplir con las exigencias de acondicionamiento térmico que se señalan a continuación:

Exigencias

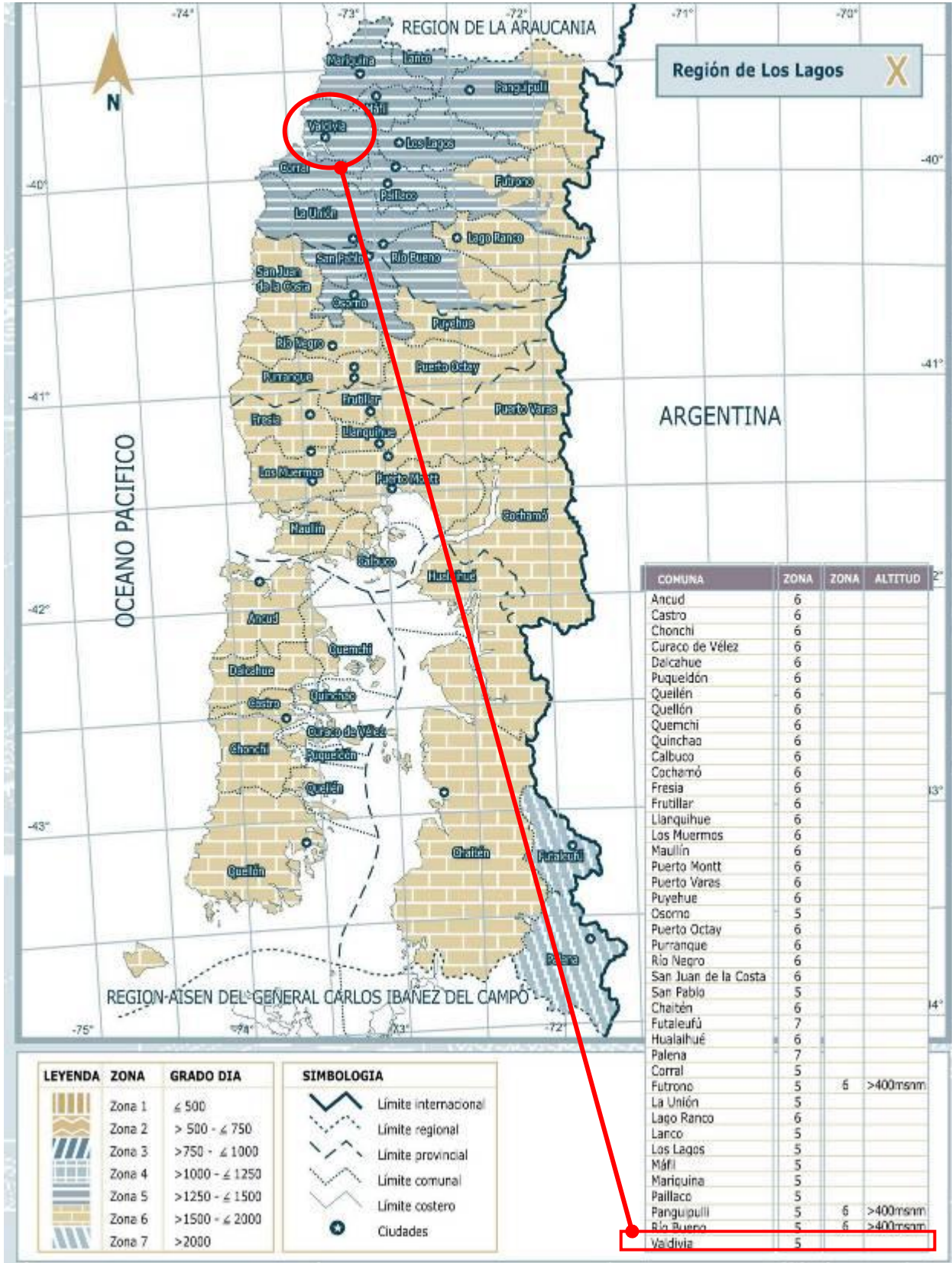
La envolvente de la vivienda está constituida por complejos de techumbre, muros, pisos ventilados y ventanas, los cuales separan el espacio interior del espacio exterior.

Estos complejos de techumbre, muros y pisos ventilados deberán cumplir con la transmitancia térmica total (U) o con la resistencia térmica total (RT), especificada para la zona térmica que corresponda a la comuna o localidad, en la cual se emplaza la vivienda según tabla siguiente.

Exigencias complejos de techumbre, muros y pisos ventilados

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U W/m ² K	Rt m ² K/W	U W/m ² K	Rt m ² K/W	U W/m ² K	Rt m ² K/W
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

El país se encuentra dividido en 7 Zonas Térmicas, de acuerdo a sus características climatológicas. La ciudad de Valdivia está dentro de la Zona Térmica N°5, como se detalla en el plano siguiente:





2.- Ya modeladas las distintas viviendas, se procederá a realizar **el cálculo de la demanda energética** para calefacción anual de la vivienda, de acuerdo a los datos recopilados. **(Ver Anexo D)**

La demanda térmica se refiere a la cantidad de energía térmica que necesita la vivienda para lograr en el ambiente interno una temperatura confortable, esta temperatura confortable se encuentra entre un rango de 18°-26° por lo que por ejemplo a temperaturas del ambiente mayores se necesitara refrigeración y a temperaturas menores del ambiente se necesitara calefacción, con un sistema forzado.

En el cálculo de la demanda térmica se determina las **pérdidas por transmisión, infiltración y ventilación**, así como las **ganancias por captación pasiva de energía solar, debido a equipos eléctricos y por el metabolismo humano para un local cualquiera**. Su utilidad es para conocer lo que va a necesitar este local en calefacción para mantener una temperatura confortable. La demanda térmica es necesaria para obtener el costo que significará en calefacción mantener la vivienda a una temperatura ambiente confortable.

La experiencia en los campos de ventilación y calefacción nos indica que la calefacción es necesaria si la temperatura ambiente durante algún periodo del día es inferior a 18,3°C, llamada temperatura de referencia. Cada grado promedio diario bajo 18,3°C se le designa como **(grado-día), GD**. Este concepto está difundido y se usa como la unidad conveniente en calefacción. Cabe señalar que los GD no se pueden calcular restándolo de la temperatura media diaria, salvo en los casos que la temperatura del lugar nunca alcance la temperatura de referencia.



3.- Con los resultados obtenidos de la demanda energética para calefacción anual de las viviendas se podrá determinar cual es el consumo de calefacción de acuerdo al tipo constructivo de vivienda. **(Ver Anexo D)**

El consumo de combustible para calefacción, específicamente **Leña**, se determina por la siguiente expresión:

$$\text{Consumo energético (m}^3\text{/año)} = \frac{\text{Q (kWh) anual}}{\text{Calor bruto unitario (kWh/m}^3\text{) * COP}}$$

Donde:

Q = Demanda energética anual de la vivienda, resultado del cálculo del punto N°2 anterior.

Calor Bruto unitario = Energía entregada por unidad de volumen. Para el caso de la leña, es de **1538 kWh/m³**

COP = Razón consumo energético/calor extraído o agregado. Para las Combustiones Lentas es de **0.8**

PLAN DE TRABAJO INFORME N°3

Para el **Informe N°3**, de acuerdo a los datos y valores obtenidos en los informes previos, se tiene lo siguiente:

1.- Se analizará y comparará la cantidad de combustible para calefacción teórica (determinada por el software) y la cantidad de combustible para calefacción obtenida de acuerdo a la encuesta realizada a los propietarios de las viviendas. El resultado de esta comparación, nos entregará una visión si existe o no una diferencia entre lo teórico y lo real. **(Ver Anexo D)**

2.- Con los datos obtenidos de las demandas energéticas para calefacción de los distintos tipos de viviendas estudiadas, estamos en condiciones de poder **proponer soluciones constructivas** para la envolvente térmica de las viviendas, con la finalidad de mejorar térmicamente la envolvente y poder así disminuir el consumo de energía para calefacción. Cabe señalar que este análisis también se realiza con el software CCTE-MINVU. **(Ver Anexo D)**

3.- Análisis económico. No obstante, no basta con determinar cual es la solución constructiva más eficiente mediante el parámetro de la disminución del consumo de energía para calefacción, sino que también se debe analizar desde el punto



de vista económico. Este **análisis económico** se basa en la comparación entre el costo de la cantidad que se ahorra en combustible y la sobre-inversión que se realizarán en la implementación de la solución constructiva propuesta. **(Ver Anexo D)**



COMENTARIOS FINALES

Para poder realizar un mejor manejo de la información, es que se ha decidido separar algunos apartados de este informe en 4 anexos, con el siguiente detalle:

Anexo A: Presentación Zonificación de la ciudad de Valdivia en 35 zonas.

Presentación de las viviendas a estudiar, distribuidas por zonas.

Presentación de los 62 Modelos de Viviendas.

Anexo B: Resumen de las encuestas realizadas a las viviendas en estudio.

Indicación de la cantidad de combustibles que utilizan las viviendas por concepto de calefacción.

Anexo C: Planos de plantas de arquitectura de las viviendas.

Especificaciones técnicas de la envolvente de las viviendas.

Anexo D: Indicación de la materialidad de los distintos paramentos que componen la vivienda en su situación presente.

Cálculo de la Transmitancia Térmica “U” de los distintos paramentos que componen la vivienda en su situación presente.

Modelamiento Térmico de la demanda energética para calefacción de la vivienda en su situación presente.

Indicación de la materialidad de los distintos paramentos que componen la vivienda en su situación propuesta.

Cálculo de la Transmitancia Térmica “U” de los distintos paramentos que componen la vivienda en su situación propuesta.

Modelamiento Térmico de la demanda energética para calefacción de la vivienda en su situación propuesta.

Análisis de los resultados:

- *Análisis cumplimiento reglamentación térmica chilena (U máximo en Muro y Techos, además del %máximo de ventanas)*
- *Análisis demanda energética*
- *Inversión*
- *Ahorro combustible*
- *Determinación del tiempo, en años, de la recuperación de la inversión a realizar*



Dentro de estos anexos se puede encontrar toda la información necesaria para cumplir con todos los objetivos planteados para este estudio, los cuales se resumen a continuación:

MODELO	INVERSION	Demanda Energetica		Consumo	Consumo	Ahorro %	
		Presente kWh - anual	Propuesta kWh - anual	Leña Presente m3	Leña Propuesta m3		
1	Z19 - T5	\$ 328.643	18250,17	15097,58	11	9,10	17,3%
	Z19 - T9	\$ 332.280	18579,77	15121,00	15	12,21	18,6%
2	Z2 - T1	\$ 140.277	10470,09	8780,10	10	8,39	16,1%
4	Z26 - T20				15	15,00	0,0%
5	Z19 - T7	\$ 166.012	17478,22	12351,54	14	9,89	29,3%
6	Z26 - T25	\$ 221.685	23468,51	17064,81	7	5,09	27,3%
7	Z29 - T2	\$ 45.580	15065,60	13592,60	16	14,44	9,8%
8	Z26 - T27	\$ 277.987	25861,88	20601,90	13	10,36	20,3%
9	Z19 - T8	\$ 287.547	21127,19	15245,80	12	8,66	27,8%
11	Z26 - T26	\$ 86.181	14065,88	11735,92	7	5,84	16,6%
	Z26 - T10	\$ 557.551	25878,36	10064,38	5	1,94	61,1%
	Z19 - T3	\$ 355.554	18194,41	12319,55	12	8,13	32,3%
	Z26 - T13	\$ 98.436	15869,45	15591,09	10	9,82	1,8%
12	Z16 - T3	\$ 284.424	13510,72	9562,39	15	10,62	29,2%
13	Z26 - T21	\$ 244.896	14958,85	11805,01	13	10,26	21,1%
	Z23 - T10	\$ 312.774	25519,18	20840,44	11	8,98	18,3%
	Z23 - T9	\$ 197.468	18921,90	15801,15	16	13,36	16,5%
14	Z23 - T7	\$ 124.897	12318,79	10850,62	9	7,93	11,9%
	Z23 - T5	\$ 45.806	12789,92	11543,29	8	7,22	9,7%
	Z23 - T4	\$ 735.766	12318,79	10850,62	9	7,93	11,9%
15	Z24 - T1	\$ 340.760	21571,40	14441,35	15	10,04	33,1%
	Z17 - T12	\$ 92.703	42394,35	37510,35	12	10,62	11,5%
	Z9 - T2	\$ 255.277	20112,51	7418,20	12	4,43	63,1%
16	Z12 - T1	\$ 152.568	15400,11	11245,34	10	7,30	27,0%
	Z11 - T4	\$ 539.691	32934,98	22803,72	15	10,39	30,8%
17	Z26 - T23	\$ 182.077	14398,32	12254,94	14	11,92	14,9%
	Z26 - T12	\$ 51.727	11305,12	10250,83	7	6,35	9,3%
	Z23 - T12	\$ 786.907	12949,10	11905,20	13	11,95	8,1%
	Z23 - T2	\$ 49.267	11840,43	10985,82	7	6,49	7,2%
18	Z7 - T1	\$ 546.479	22223,28	14725,85	12	7,95	33,7%
19	Z24 - T4	\$ 47.069	12243,88	11160,40	7	6,38	8,8%
	Z20 - T2	\$ 311.206	11621,59	7596,04	10	6,54	34,6%
	Z19 - T10	\$ 162.140	17396,62	12897,95	10	7,41	25,9%
	Z19 - T2	\$ 392.547	17976,68	13018,08	11	7,97	27,6%
20	Z16 - T1	\$ 262.680	14881,04	10306,76	15	10,39	30,7%
21	Z17 - T18	\$ 226.105	15682,95	10150,76	13	8,41	35,3%
26	Z26 - T9	\$ 421.569	23287,25	11376,72	16	7,82	51,1%
27	Z26 - T2	\$ 293.704	16084,85	7408,05	10	4,61	53,9%
28	Z26 - T3	\$ 211.887	14216,49	10071,26	8,33	5,90	29,2%
29	Z9 - T3	\$ 148.661	9255,83	7058,66	15	11,44	23,7%
	Z23 - T8	\$ 155.403	10207,61	7477,59	10	7,33	26,7%
	Z13 - T6	\$ 163.031	16839,44	7784,92	5	2,31	53,8%
31	Z10 - T1	\$ 145.286	8533,11	6416,65	11,5	8,65	24,8%
32	Z26 - T7	\$ 245.970	17083,42	8433,27	12	5,92	50,6%
	Z14 - T2	\$ 262.014	21660,85	8601,99	10	3,97	60,3%
33	Z26 - T6	\$ 315.128	15320,46	10099,86	8,5	5,60	34,1%



MODELO	INVERSION	Demanda Energetica		Consumo	Consumo	Ahorro %	
		Presente kWh - anual	Propuesta kWh - anual	Leña Presente m3	Leña Propuesta m3		
34	Z16 - T4	\$ 325.495	14481,59	9988,94	7,33	5,06	31,0%
35	Z13 - T2	\$ 313.754	14831,28	9631,83	7,8	5,07	35,1%
36	Z11 - T6	\$ 301.528	15173,13	9159,23	12,6	7,61	39,6%
39	Z34 - T1	\$ 156.322	14677,95	13857,78	10,25	9,68	5,6%
40	Z17 - T7	\$ 294.225	19643,13	6931,91	13,5	4,76	64,7%
41	Z28 - T1	\$ 603.431	36154,17	12162,37	13,6	4,58	66,4%
42	Z21 - T1	\$ 235.048	12082,28	4206,65	15,6	5,43	65,2%
43	Z16 - T2	\$ 324.098	15040,20	10941,76	12,4	9,02	27,2%
44	Z26 - T11	\$ 277.899	15355,52	8769,11	14	8,00	42,9%
45	Z11 - T1	\$ 430.218	14509,58	8858,79	11,8	7,20	38,9%
46	Z26 - T18	\$ 410.807	13352,67	10208,96	14	10,70	23,5%
	Z26 - T22	\$ 528.350	19594,15	10837,30	14	7,74	44,7%
47	Z12 - T4	\$ 98.630	9976,86	9690,48	10	9,71	2,9%
	Z12 - T6	\$ 162.766	11910,66	8644,26	9	6,53	27,4%
48	Z26 - T15	\$ 818.526	9668,80	8496,23	9,5	8,35	12,1%
49	Z1 - T1	\$ 219.960	5797,74	5592,24	8	7,72	3,5%
	Z12 - T5	\$ 402.538	7537,13	7003,84	13	12,08	7,1%
50	Z3 - T1	\$ 278.802	21113,44	6964,87	20	6,60	67,0%
51	Z19 - T1	\$ 169.287	10796,97	9931,83	6	5,52	8,0%
52	Z20 - T7	\$ 177.319	9627,46	7226,49	6	4,50	24,9%
53	Z15 - T4	\$ 392.054	29140,97	6940,39	18	4,29	76,2%
54	Z9 - T1	\$ 301.400	15045,71	6623,13	14	6,16	56,0%
	Z13 - T4	\$ 156.513	8107,05	6611,29	8	6,52	18,5%
55	Z17 - T17	\$ 173.349	9045,93	6909,71	11	8,40	23,6%
56	Z8 - T1	\$ 320.073	15356,43	8745,51	11	6,26	43,0%
57	Z35 - T1	\$ 535.979	18415,02	10029,33	16	8,71	45,5%
58	Z14 - T3	\$ 412.829	23000,17	8607,55	14	5,24	62,6%
59	Z20 - T6	\$ 204.100	8675,04	5420,78	9	5,62	37,5%
60	Z17 - T4	\$ 323.320	13946,28	6755,75	15	7,27	51,6%
61	Z1 - T2	\$ 65.885	5776,54	4946,81	2	1,71	14,4%
62	Z17 - T9	\$ 248.170	11240,78	5708,66	12	6,09	49,2%
PROMEDIO		\$ 279.846	16199,26	10771,37	11,37	7,73	

Con esto se puede verificar un ahorro en combustible para calefacción de 3,6 m³ de leña, realizando una inversión promedio de \$279.846. Si consideramos un valor de \$16.000 el m³ de leña, tenemos un ahorro en dinero de \$58.250, con lo cual se genera un periodo de recuperación de la inversión de 4,8 años.

Ing. Rubén Seguel V.
Unidad Estudios
CIVA - UACH

Ing. Eduardo Larrucea V.
Gerente Operaciones
CIVA - UACH