



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**ESTUDIO DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO EN VIVIENDAS
HABITACIONALES DFL-2 PARA TRES ZONAS CLIMÁTICAS DE CHILE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

JOSSERNA KATHERINNE VILLANUEVA LAGOS

**PROFESOR GUÍA:
GABRIEL RODRÍGUEZ JAQUE**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
MIGUEL BUSTAMANTE SEPÚLVEDA
CARLOS AGUILERA GUTIÉRREZ**

**SANTIAGO DE CHILE
JUNIO 2009**

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
POR: JOSSERNA VILLANUEVA LAGOS
FECHA: 26/06/09
PROF. GUÍA: SR. GABRIEL RODRÍGUEZ J.

“ESTUDIO DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO EN VIVIENDAS HABITACIONALES DFL-2 PARA TRES ZONAS CLIMÁTICAS DE CHILE”

Este estudio tiene como principal objetivo mejorar la materialidad de las viviendas y aprovechar en ellas el uso de energías no convencionales, todo esto con la finalidad de lograr un mayor aprovechamiento energético en las viviendas según la zona climática en la que se encuentren.

Inicialmente se realizó una cuantificación de los flujos de energía a través de envolvente térmica de la vivienda, con el fin de conocer las pérdidas energéticas de las mismas.

Posteriormente se realizó una modificación en la aislación de los elementos envolventes de las viviendas, de manera de mejorar su resistencia térmica y reducir las pérdidas energéticas. En dicho análisis se hizo variar el espesor de la aislación en los distintos elementos de la envolvente y se estudia el comportamiento del flujo de energía sobre cada uno de ellos.

De este estudio se puede analizar la relación del flujo térmico con el espesor del material aislante y en algunos casos se observa que pequeños aumentos en los espesores de la aislación generan grandes reducciones en el flujo de energía desde el interior al exterior de la vivienda.

Luego se indagó acerca de problemas que afectan la calidad de la vivienda, como la condensación y puentes térmicos, y se plantea una serie de propuestas cuya finalidad es evitar estos problemas y alargar la vida útil de la vivienda y mejorar la calidad de vida en sus moradores.

Para paliar el gasto energético de la viviendas a través de la envolvente térmica, se estudió el uso del aprovechamiento de la energía solar a través de superficies opacas (muros) y acristaladas, cuantificando el aporte solar de energía a través de ventanas.

Finalmente se hizo un análisis de las ganancias y pérdidas energéticas de la vivienda y como este afecta el presupuesto de una familia promedio, donde se observa variaciones en los requerimientos energéticos dependiendo del tipo de vivienda en análisis y la zona en que se encuentra.

AGRADECIMIENTOS

El resultado de este trabajo se lo dedico a Sonia mi madre, ya que con su esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional, logró que llegara a convertirme en una persona que lucha por sus sueños.

A mi abuela y tío que me cobijaron todos estos años desinteresadamente.

A mis amigos, que hicieron estos años llevaderos y los mejores de mi vida.

A los profesores de mi comisión por el apoyo prestado durante la realización de este trabajo, en especial a Gabriel Rodríguez, por su disponibilidad, consejos y enseñanza.

Y a ti Felipe por tu amor incondicional.

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS.....	4
CAPITULO 1: INTRODUCCION	7
1.1. INTRODUCCION	7
1.2. OBJETIVOS.....	10
1.2.1. Objetivo general.....	10
1.2.2. Objetivos específicos.....	10
CAPITULO 2: CONCEPTOS TEORICOS.....	11
2.1. COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE TERMICA	11
2.1.1. Complejo.....	12
2.1.2. Elemento.....	12
2.1.3. Material.....	12
2.2. CONFORT TERMICO EN LA VIVIENDA.....	12
2.3. CARACTERISTICAS TERMICAS DE LOS MATERIALES.....	14
2.3.1. Conductividad térmica λ	14
2.3.2. Densidad de flujo térmico ϕ	15
2.3.3. Transmitancia térmica U.....	15
2.3.4. Transmitancia térmica lineal K_l	15
2.3.5. Resistencia térmica R.....	16
2.3.6. Material aislante de la envolvente térmica.....	19
2.4. COEFICIENTES VOLUMETRICOS GLOBALES DE PERDIDAS TERMICAS.....	22
2.5. DETERMINACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO.....	25
2.6. FORMAS DE TRANSMISION DE CALOR	25
2.6.1. Conducción.....	26
2.6.2. Convección.....	26
2.6.3. Radiación.....	26

2.7.	RADIACION SOLAR.....	27
2.7.1.	Radiación solar directa y difusa.....	27
2.7.2.	Ganancias por insolación en superficies vidriadas.....	28
2.8.	TRAYECTORIA SOLAR.....	30
CAPITULO 3: ZONIFICACION CLIMATICo habitacional Y TERMICA DE CHILE.....		33
3.1.	ZONIFICACION TERMICA DE CHILE.....	33
3.1.1.	Reglamentación Térmica en Chile.....	34
3.2.	ZONIFICACION CLIMATICO HABITACIONAL PARA CHILE.....	36
CAPITULO 4: TIPOLOGIA DE VIVIENDAS DFL-2 EN ESTUDIO Y SU UBICACIÓN.....		38
4.1.	TIPOLOGIA DE VIVIENDAS EN ESTUDIO.....	38
4.2.	CARACTERISTICAS DE LA ZONAS CLIMATICO HABITACIONALES EN ESTUDIO.....	41
CAPITULO 5: GASTO ENERGETICO DE LAS VIVIENDAS.....		43
5.1.	CONSIDERACIONES PARA LA DETERMINACION DEL GASTO ENERGÉTICO.....	43
5.2.	METODOLOGIA DE CÁLCULO DEL GASTO ENERGÉTICO DE UNA VIVIENDA.....	46
5.3.1.	Vivienda 2 pisos.....	52
5.3.2.	Vivienda 1 piso.....	55
5.3.3.	Departamento.....	58
5.4.	PERDIDAS DE CALOR A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE DE LAS VIVIENDAS.....	60
5.4.1.	Vivienda 2 pisos.....	60
5.4.2.	Vivienda 1 piso.....	65
5.4.3.	Departamento.....	69
CAPITULO 6: AHORRO Y USO RACIONAL DE la ENERGIA.....		72
6.1.	AHORRO ENERGETICO.....	72
6.1.1.	Disminución de las pérdidas de calor por la envolvente térmica.....	72
6.1.2.	Disminución de las pérdidas de calor por ventilación.....	85
6.1.3.	Disposición del material aislante.....	88
6.2.	MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA VIVIENDA.....	92
6.2.1.	Humedad.....	92

6.3.	APROVECHAMIENTO DE ENERGIA GRATUITA.....	101
6.3.1.	Inercia térmica.....	101
6.3.2.	Energía solar	108
CAPITULO 7: EVALUACION CUANTITATIVA DEL AHORRO ENERGETICO EN LAS VIVIENDAS.....		119
7.1.	APORTE DE ENERGÍA SOLAR A LA DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS ENERGÉTICAS POR ENVOLVENTE TÉRMICA.....	119
7.2.	USO DE CALEFACCIÓN: EFECTO EN LA ECONOMÍA DE UNA FAMILIA.....	121
CAPITULO 8: DISCUSIONES Y CONCLUSIONES.....		123
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		127
GLOSARIO.....		131
INDICE ALFABETICO		133
ANEXOS.....		134
A.	PLANOS DE ZONIFICACIÓN TÉRMICA.....	135
B.	PLANOS DE ARQUITECTURA VIVIENDAS TIPO	138
C.	APORTACIONES SOLARES PARA DISTINTAS LATITUDES	146
D.	GRAFICOS SOLARES Y DETERMINACION DE HORAS DE SOL.....	154
E.	AHORRO DE FLUJO ENERGETICO VARIANDO LA CALIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES AISLANTES.....	160
F.	ENERGÍA CAPTADA A TRAVÉS DE VENTANAS SEGÚN LA ORIENTACION DE LAS VIVIENDAS EN ESTUDIO.....	172

CAPITULO 1: INTRODUCCION

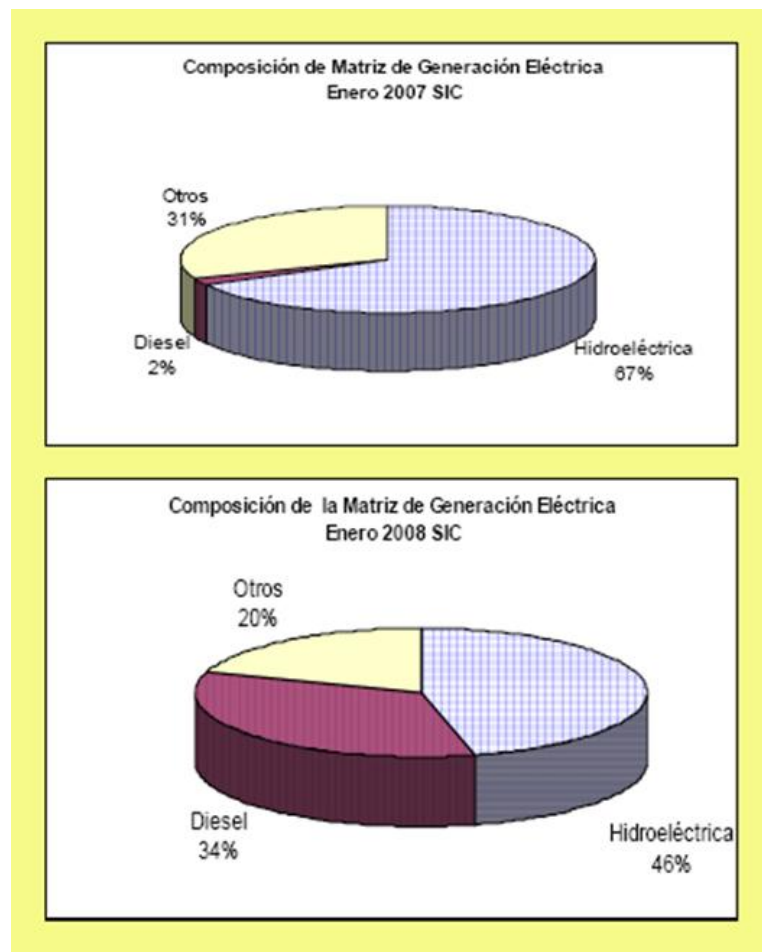
1.1. INTRODUCCION

El desarrollo de los países ha producido a nivel mundial un aumento considerable en el consumo de energía y Chile no sido la excepción. En nuestro país la demanda energética ha ido en aumento debido al crecimiento demográfico y al aumento de la calidad de vida de la población, dicha situación queda reflejada con el crecimiento de las actividades industriales, del parque automotriz, de los mejores estándares habitacionales, entre otras. Para ello se requiere gastar cada vez más de energía convencional, principalmente petróleo y gas natural, los que son principalmente importados (98% del petróleo, 96% del carbón y 75% del gas natural). Esta situación deja al descubierto la fuerte dependencia energética que tiene Chile de otros países, a diferencia de otros países de Latinoamérica como Venezuela, Argentina, Bolivia, que son ricos en combustibles fósiles tales como el gas o el petróleo.

La fuerte alza de precios que ha tenido el petróleo en estos últimos años, junto con las dificultades de proveedores extranjeros que suministran gas natural, complican aún más la dependencia energética de Chile. A modo de ejemplo, Argentina en el año 2003 abastecía a Chile con 22 millones de metros cúbicos diarios de gas natural, cantidad que se redujo el 2007 a 1,8 millones de metros cúbicos diarios llegando en algunos días a cortar totalmente el suministro (Marcelo Tokman, Ministro de Energía diciembre 2007).

Con respecto a la escasez de gas natural, las autoridades priorizan el suministro del sector residencial y comercial, que utiliza cerca del 27% de la oferta energética en Chile (Comisión Nacional de Energía 2007). Mientras tanto, las empresas que generan energía eléctrica y que utilizaban el gas argentino como insumo para producirla, han tenido que reemplazar el gas por diesel para no poner en riesgo la producción de energía eléctrica aunque aumentan costos y empeorando la contaminación atmosférica.

A continuación en la figura 1.1. se observa claramente el aumento del uso de diesel en la matriz de generación eléctrica para el Sistema Interconectado Central (SIC).



Fuente: Presentación Ministro Marcelo Tokman, Marzo 2008

Figura 1.1.: Cambio de la matriz de generación eléctrica (SIC)

El panorama descrito, incita a tomar medidas que permitan solucionar esta dependencia. Una forma es reduciendo la cantidad de energía que se gasta en los hogares y aprovechar de manera directa la que está presente en nuestro entorno.

Específicamente se estudia el gasto energético de tres tipos de viviendas ubicadas en tres zonas climáticas distintas del país, y luego analiza alternativas que permitan disminuir el gasto energético de estas viviendas a través de un mejor aprovechamiento de la energía. Para cada zona climático habitacional en estudio, se analiza el uso de una materialidad adecuada de las viviendas y se aplica técnicas y tecnologías que permiten un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, ya sean estos renovables o no renovables.

Las soluciones que se proponen en las viviendas en estudio tienen la ventaja de poder realizarse en un corto tiempo, a diferencia de otras fuentes de energía como por ejemplo hidráulica, la que toma varios años en implementarse. Se impone esta restricción, ya que se piensa en tecnologías de corto periodo de implementación, para que se apliquen en caso de sufrir recesiones energéticas imprevistas, dónde se requieran soluciones de fácil y rápida implementación para disminuir las necesidades energéticas de las viviendas.

En general Chile es un país que tiene necesidades de calefacción más que de refrigeración. Del gasto energético que tiene la vivienda, gran parte de ésta se ocupa en calefaccionar la vivienda, en mayor o menor medida dependiendo de las características climáticas de la zona donde se ubique la vivienda. Por lo tanto, al mejorar la calidad térmica de la vivienda a través de la materialidad, permite principalmente que se reduzca el costo de calefacción dentro de la vivienda y evitar problemas a la salud de los moradores de la vivienda.

Con respecto al uso de sistemas de acondicionamiento en las viviendas, generalmente su utilización se debe a un mal diseño del recinto (orientación) y al abuso de superficies vidriadas. Un ejemplo de esta situación es Centro de Justicia de Santiago, que en este momento no puede utilizarse por la falta de confort térmico en su interior, situación producida por el abuso de superficies vidriadas. Actualmente se diseña un sistema de acondicionamiento que lo haga confortable.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

- Cuantificar la reducción del gasto energético que se puede lograr en viviendas habitacionales DFL-2 ubicadas en tres zonas climático habitacionales de Chile, a través del mejoramiento de la materialidad de la vivienda y en el aprovechamiento de energías presentes en cada zona.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar el cálculo de las ganancias y pérdidas energéticas de viviendas DFL-2 que actualmente se construyen, ubicándolas en tres zonas climáticas de Chile.

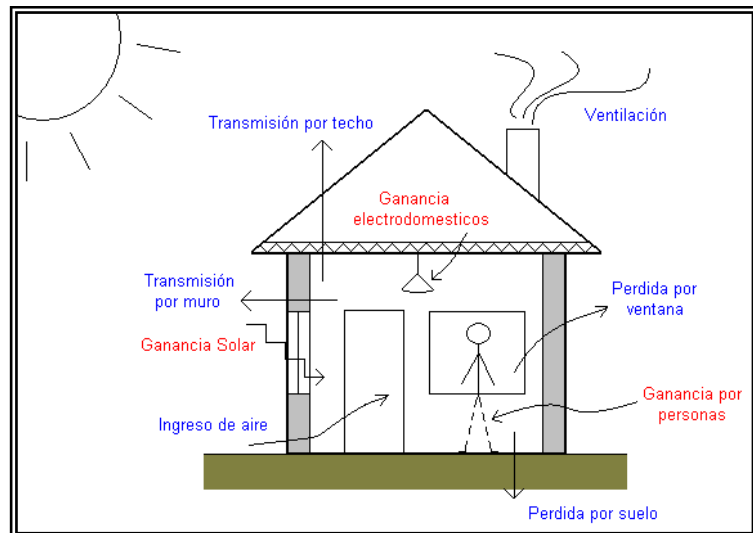
CAPITULO 2: CONCEPTOS TEORICOS

Las pérdidas por transferencia de calor entre el interior y exterior de la vivienda se producen a través de la envolvente térmica, por lo tanto, para aislar térmicamente los elementos que componen esta envolvente hay que conocer las propiedades térmicas que poseen los materiales que la constituyen, además de entender una serie de conceptos necesarios para realizar el cálculo del gasto energético a través de la envolvente.

2.1. COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE TERMICA

La envolvente térmica de una vivienda corresponde al conjunto de elementos constructivos a través de los cuáles se produce flujo térmico entre el ambiente interior y el exterior de la vivienda.

Los principales elementos que conforman la envolvente térmica son los complejos de techumbre, muros, pisos y ventanas. A través de estos elementos se producen tanto ganancias como pérdidas energéticas como se esquematiza en la figura 2.1.



Fuente: Gabriel Rodríguez

Figura 2.1.: Ganancias y pérdidas de calor dentro de la vivienda

2.1.1. *Complejo*

Conjunto de elementos constructivos que constituyen una vivienda, tales como: complejo de techumbre, complejo de muro, complejo de piso ventilado etc. [9]

2.1.2. *Elemento*

Conjunto de materiales que dimensionados y colocados adecuadamente cumplen una función definida, tal como: muros, tabiques, losas y otros. [9]

2.1.3. *Material*

Componente que es parte de un elemento. [9]

2.2. **CONFORT TERMICO EN LA VIVIENDA**

2.2.1. *Condiciones de confort térmico*

El confort térmico corresponde a la capacidad de la vivienda de ofrecer a sus moradores comodidad con respecto al ambiente térmico que les rodea. Los principales factores que condicionan la sensación térmica de las personas son la temperatura, humedad y velocidad del aire circundante y la temperatura de radiación de muros de la vivienda. [4]

La comodidad térmica se basa en que exista un equilibrio entre las ganancias y pérdidas térmicas del cuerpo. El organismo humano se mantiene en equilibrio con el ambiente cuando pierde aproximadamente 50 W/m^2 de superficie corporal, que ocurre entre los 18°C y los 24°C de temperatura, determinando un rango de temperatura confort para el usuario de la vivienda.

El movimiento del aire sobre el cuerpo humano incrementa la evaporación del sudor, mecanismo que elimina calor. Un movimiento de aire alto al interior de la vivienda aumenta esa disipación, dando en verano una sensación de frescura y aumentando en invierno las pérdidas de calor.

Respecto a la humedad relativa del aire, porcentaje de humedad que tiene el aire respecto al máximo que admitiría, para tener condiciones de confort este valor debe fluctuar entre un 35% y un 75%. La humedad incide en la capacidad de transpiración que tiene el organismo, mecanismo por el cual se elimina el calor. Bajas humedades provocan sequedad en el ambiente y afecta la hidratación de la piel de las personas, en cambio para altas humedades no se permite la liberación de la sudoración de las personas.

Otro factor menos conocido, pero importante, es el calor recibido por radiación y que acumulan los elementos circundantes de la vivienda, principalmente los muros. Se puede estar confortable con una temperatura de aire muy baja si la temperatura de radiación es alta por ejemplo.

Todos los factores mencionados influyen en el grado de comodidad que pueden alcanzar las personas al interior de las viviendas, cuando no se logra un equilibrio entre las ganancias y pérdidas de energía se debe recurrir al uso de energía externa que lo permita.

2.2.2. *Temperatura base de calefacción*

Se define como una temperatura poco menor a la mínima de confort (18°C), ya que se consideran los aportes gratuitos de energía, tanto internos (personas, aparatos eléctricos, de gas o vapor, entre otros) como externos (radiación solar). Estos aportes incrementan la temperatura dentro de la vivienda en 3°C aproximadamente, de modo que la temperatura base incorpora estos aportes, estimándose en 15°C. [4]

2.2.3. *Grados-día*

Para un periodo de tiempo determinado, corresponde a la suma, para todos los días del periodo, de la diferencia entre una temperatura base y la temperatura media del día, cuando la temperatura media diaria sea inferior a la temperatura base. Los días en que la temperatura media sea mayor o igual a la base no se considerarán.

De este modo, para un periodo de tiempo igual a un día, los grados-día son:

$$GD = T_{base} - T_{media} \quad \text{(Ecuación 2.2.3)}$$

Cuando $T_{\text{media}} < T_{\text{base}}$, esta diferencia representa el número de grados que se debe elevar la temperatura para mantener la temperatura base dentro de la vivienda.

2.3. CARACTERISTICAS TERMICAS DE LOS MATERIALES

2.3.1. Conductividad térmica λ

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. [23]

$$\lambda = \frac{\phi \cdot e}{A \cdot (T_2 - T_1)} \quad \text{(Ecuación 2.3.1)}$$

Donde,

λ = conductividad térmica [W/(m*K)]

Φ = potencia eléctrica disipada en la placa caliente [W]

e = espesor promedio de ambas probetas [m]

A = área de la placa de calentamiento [m²]

T_1 = temperatura de la cara fría [K]

T_2 = temperatura de la cara caliente [K]

Los valores de conductividad térmica de los materiales pueden determinarse experimentalmente según indica la NCh850.

2.3.2. Densidad de flujo térmico ϕ

Cantidad de calor que pasa a través de una superficie unitaria de un elemento por unidad de tiempo, dada una cierta diferencia de temperatura entre las caras del elemento. [23]

$$\phi = \frac{\Phi}{A} = \frac{1}{R_T} \cdot (T_i - T_e) = U \cdot (T_i - T_e) \text{ (Ecuación 2.3.2)}$$

Donde,

ϕ = densidad de flujo térmico [W/(m²)]

Φ = flujo térmico [W]

A = área a través del cual circula flujo térmico [m²]

T_i = temperatura interior [K]

T_e = temperatura exterior [K]

R_T = resistencia térmica total [(m²*K)/W]

U = transmitancia térmica [W/(m²*K)]

2.3.3. Transmitancia térmica U

Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento perimetral por grado de diferencia de temperaturas entre los dos ambientes separados por dicho elemento y se determina experimentalmente según la norma NCh851. [23]

2.3.4. Transmitancia térmica lineal K_l

Flujo de calor que atraviesa un elemento perimetral por unidad de longitud del mismo y por grado de diferencia de temperaturas.

Se suele emplear en elementos en los que prevalece claramente la longitud frente a las otras dimensiones, como por ejemplo, un puente térmico lineal, el perímetro de un edificio, etc. [23]

Tabla N° 2.3.4.: “Transmitancia térmica lineal según aislación del piso dado por NCh853”

<i>Aislación del piso</i>	<i>Resistencia térmica total R_t [(m² · K)/W]</i>	<i>Transmitancia térmica lineal K_l [W/(m · K)]</i>
<i>Piso corriente</i>	0,15 - 0,25	1,4
<i>Piso medianamente aislado</i>	0,26 - 0,60	1,2
<i>Piso aislado</i>	> 0,60	1,0

2.3.5. Resistencia térmica R

Corresponde a la oposición al paso del calor que presentan los elementos de construcción[23]

1. Resistencia térmica de una capa material

Para una capa de caras planas y paralelas de espesor e , conformadas por un material homogéneo de conductividad térmica λ .

$$R = \frac{e}{\lambda} \text{ (Ecuación 2.3.5.1)}$$

Donde,

R = resistencia térmica [(m²*K)/W]

e = espesor del material [m]

λ = conductividad térmica del material [W/(m*K)]

2. Resistencia térmica de una cámara de aire no ventilada

Corresponde a la resistencia térmica R_g que presenta una capa de aire confinado (cámara de aire). Dicha resistencia dependerá del espesor de la capa de aire confinado y se puede determinar experimentalmente a través de la norma NCh851.

Tabla N° 2.3.5.1.: “Resistencia térmica de diversas cámaras de aire”

<i>Hueco vertical: muros, ventanas</i>		<i>Hueco horizontal flujo ascendente: techo</i>		<i>Hueco horizontal flujo descendente: techo</i>	
<i>e</i> [mm]	<i>R_g</i> [(m ² *K)/W]	<i>e</i> [mm]	<i>R_g</i> [(m ² *K)/W]	<i>e</i> [mm]	<i>R_g</i> [(m ² *K)/W]
5	0,105	5	0,100	5	0,090
10	0,140	10	0,130	10	0,140
20	0,165	20	0,140	20	0,170
30	0,165	40	0,140	40	0,180
---	---	---	---	80	0,200

3. Resistencia térmica de superficie

Corresponde al inverso del coeficiente superficial de transferencia térmica h.

$$R_s = \frac{1}{h} \text{ (Ecuación 2.3.5.2)}$$

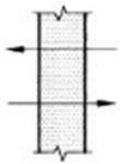
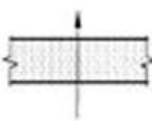
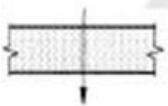
Donde,

R_s = resistencia térmica de superficie [(m²*K)/W]

h = coeficiente superficial de transferencia térmica [W/(m²*K)]

Experimentalmente a través de la NCh 851 se han obtenido valores de resistencias térmicas de superficie interior y exterior de un elemento. Dichos valores dependen del sentido del flujo de calor, la posición y situación del elemento separador y la velocidad del viento, como se muestra en la tabla 2.3.5.2. obtenida de la NCh853.

Tabla N° 2.3.5.2.: “Resistencias térmicas de superficie interior y exterior según NCh853”

<i>Resistencias térmicas de superficie [(m²*K)/W]</i>						
<i>Posición del elemento y sentido del flujo de calor</i>	<i>Situación del elemento</i>					
	<i>De separación con espacio exterior o local abierto</i>			<i>De separación con otro local, desván o cámara de aire</i>		
	<i>R_{si}</i>	<i>R_{se}</i>	<i>R_{si} + R_{se}</i>	<i>R_{si}</i>	<i>R_{se}</i>	<i>R_{si} + R_{se}</i>
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
<ol style="list-style-type: none"> Estos valores se obtuvieron experimentalmente por el método de la norma NCh851. Los valores de esta tabla son válidos para velocidades de viento en el exterior inferior a 10km/h (2,8 m/s). Para velocidades mayores se considera $R_{se} = 0$ Para condiciones de pérdidas térmicas en invierno, en general, el flujo de calor es ascendente en los techos y descendente en los pisos. Para condiciones de ganancias térmicas en verano, en general, el flujo de calor es descendente en los techos y ascendente en los pisos. 						

4. Resistencia térmica total de un elemento

La resistencia térmica total de un elemento compuesto corresponde a la suma de las resistencias de cada capa que compone el elemento.

$$R_T = \frac{1}{U} = \sum R_i \text{ (Ecuación 2.3.5.3)}$$

Donde,

R_T = resistencia térmica total [(m²*K)/W]

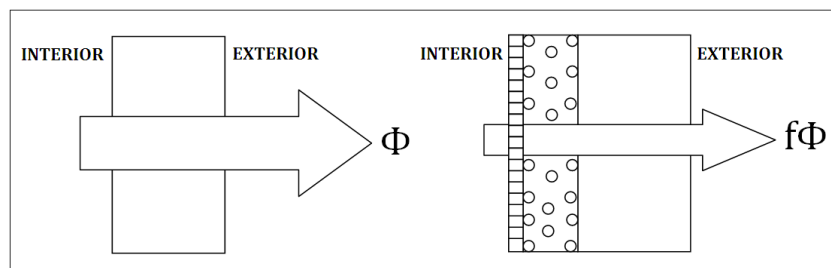
U = transmitancia térmica [W/(m²*K)]

R_i = resistencia térmica de la capa i [(m²*K)/W]

2.3.6. Material aislante de la envolvente térmica

Los materiales aislantes se caracterizan por presentar una resistencia al flujo del calor a través de ellos. En invierno impide que el calor se escape y en verano que el calor entre a la vivienda. La resistencia térmica no es igual para todos los materiales y lo que distingue principalmente un buen material aislante es su conductividad térmica.

El mejor aislante es el aire, el cuál debe estar en reposo, éste posee una conductividad térmica de 0,024 W/(m*K) a 0°C, siendo considerados buenos aislantes los materiales de conductividad cercana a la del aire.



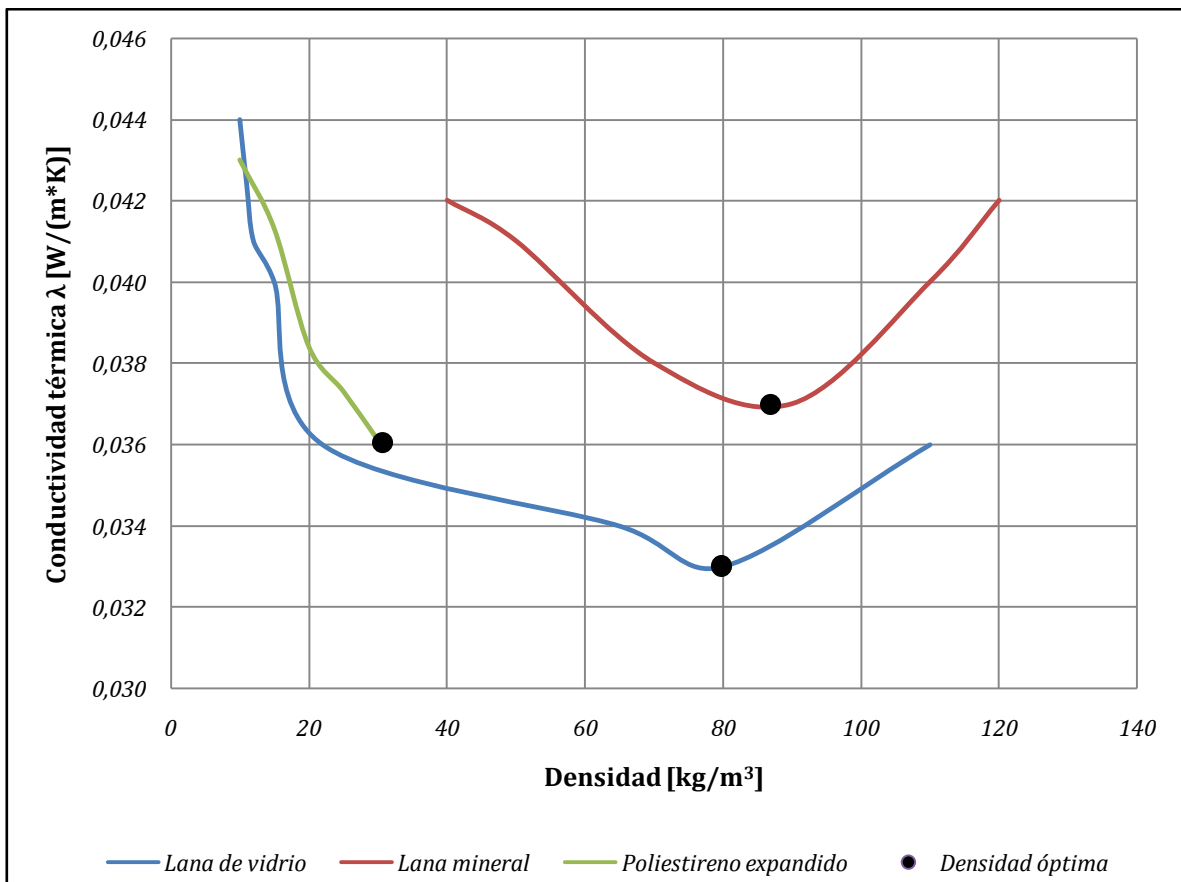
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.3.6.1.: Flujo de calor a través de un muro en invierno; a la izquierda sin aislación térmica; a la derecha con aislación térmica

Existen varios factores que modifican la conductividad térmica de un material, siendo los principales la densidad, la humedad y la temperatura de trabajo. En general mientras más alta la densidad de un material mayor es la conductividad térmica, ya que al estar las partículas más juntas el calor se transmite más rápido por conducción. Materiales constituidos por celdas o fibras pueden contener más aire quieto en su interior (menos denso), generando una disminución en la conductividad térmica hasta un valor óptimo de densidad, después de ese punto cuando la densidad es muy baja las partículas de aire al interior comienza a moverse y se pierde calor por convección y radiación. Por lo tanto, no es recomendable utilizar un aislante térmico de densidad muy diferente a la óptima, especialmente si es superior, ya que se está gastando más dinero y el aporte en aislación térmica disminuye.

Tabla N° 2.3.6.: “Conductividad térmica para materiales aislantes según NCh853”

<i>Material</i>	<i>Densidad [kg/m³]</i>	<i>Conductividad [W/(m*K)]</i>	<i>Densidad óptima [kg/m³]</i>
<i>Lana de vidrio</i>	10	0,0440	80
	11	0,0424	
	12	0,0410	
	15	0,0400	
	22	0,0360	
	65	0,0340	
	80	0,0330	
<i>Lana mineral</i>	110	0,0360	90
	40	0,0420	
	50	0,0410	
	70	0,0380	
	90	0,0370	
	110	0,0400	
<i>Poliestireno expandido</i>	120	0,0420	30
	10	0,0430	
	15	0,0413	
	20	0,0384	
	30	0,0361	



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.3.6.2.: Comportamiento de la conductividad térmica con la densidad

La humedad que puede contener un material va a afectar su comportamiento térmico, ya que al humedecerse el material aumenta la conductividad térmica de éste con respecto al valor determinado para una muestra perfectamente seca.

Actualmente los principales materiales aislantes que se utilizan son el poliéstireno expandido, lana mineral, lana de vidrio y poliuretano, los que se encuentran en diversas densidades y espesores. En general el poliéstireno expandido es el más barato y no absorbe ni acumula agua debido a que su estructura de celdas cerradas impiden el paso del agua, pero es mal absorbente acústico y tiene un mal comportamiento ante el fuego. En cambio la lana mineral es más cara y las fibras no impiden el paso del agua, pero se comporta bien térmicamente y ante el fuego.

2.4. COEFICIENTES VOLUMETRICOS GLOBALES DE PERDIDAS TERMICAS

2.4.1. Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas

El coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas por transmisión depende de la forma de la vivienda (A/V) y la materialidad de ésta (e/λ). [24]

$$Gv_1 = \frac{\sum U_i \cdot A_i + K_l \cdot L}{V} \text{ (Ecuación 2.4.1.)}$$

Donde,

Gv_1 = pérdidas de calor a través de la envolvente de la vivienda [W/(m³*K)]

U_i = transmitancia térmica de los complejos que forman la envolvente térmica [W/(m²*K)]

A_i = superficie de los complejos que forman la envolvente térmica (muros, techo, ventanas, pisos y cielo) [m²]

K_l = transmitancia térmica lineal [W/(m*K)]

L = perímetro de la vivienda [m]

V = volumen total encerrado por la envolvente [m³]

Para determinar que tan aislada esta la vivienda se expone la tabla 2.4.1., la que clasifica térmicamente las viviendas a partir del valor de Gv_1 , pero para que esta comparación sea correcta se debe hacer entre viviendas de similar factor de forma y condiciones de pareos.

Tabla N° 2.4.1.: “Clasificación del coeficiente Gv_1 según su factor de forma”

<i>Tipo de aislación</i>	<i>Gv1</i>
Unidades muy aisladas	< 1
Unidades aisladas	1 a 1,5
Unidades mediamente aisladas	1,5 a 2,5
Unidades mal aisladas	2,5 a 3
Unidades sin aislación	> 3

Fuente: Cristóbal Olmedo, *Necesidades de calefacción de una vivienda experimental estructurada en madera para la zona de Santiago*

2.4.2. Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas totales [24]

Además de las pérdidas de calor que se producen por la envolvente térmica, la vivienda tiene pérdidas de calor por ventilación, las que se producen cuando el interior de un recinto sufre renovaciones de aire, es decir, existe un intercambio del aire interior con el del exterior.

El flujo de calor que se pierde por ventilación esta dado por las expresiones que se muestran a continuación.

$$\phi = V \cdot C_{ev} \cdot n \cdot (T_i - T_e) \text{ (Ecuación 2.4.2.1.)}$$

$$\frac{\phi}{V \cdot (T_i - T_e)} = C_{ev} \cdot n = 0,35 \cdot n \text{ (Ecuación 2.4.2.2.)}$$

Donde,

Φ = flujo térmico [W]

V = volumen del recinto [m³]

C_{ev} = calor específico por unidad del aire [W*h/(m³*°C)]

n = renovaciones de aire por hora [1/h]

T_i = temperatura interior [°C]

T_e = temperatura exterior [°C]

Donde, el calor específico por unidad de volumen del aire C_{ev} depende de la temperatura del aire (Tabla 2.4.2.1.). Por otro lado, el valor que tome n dependerá principalmente de las costumbres al interior del recinto (Tabla 2.4.2.2.).

Tabla N° 2.4.2.1.: “Valores C_{ev} para distintas temperaturas del aire”

Temperatura [°C]	-10	0	10	20	30	40
C _{ev} [Wh/(m ³ *°C)]	0,375	0,360	0,350	0,340	0,325	0,315

Fuente: Cristóbal Olmedo, Necesidades de calefacción de una vivienda experimental estructurada en madera para la zona de Santiago

Tabla N° 2.4.2.2.: “Recomendaciones de valores de renovaciones de aire en recintos”

<i>Lugar</i>	<i>n [1/h]</i>
Dormitorio	0,5 - 1
Living	3 - 5
Comedor	3 - 5
Cocina	5 - 10
Baño de casa	5 -15
Baño público	60

Fuente: CDT, Aislación térmica exterior-Manual de diseño para soluciones en edificaciones

Al incorporar al coeficiente de pérdidas térmicas por transmisión Gv_1 a las pérdidas por ventilación, se obtiene el coeficiente de pérdidas volumétricas totales Gv_2 como se indica en la siguiente expresión:

$$Gv_2 = Gv_1 + 0,35 \cdot n \text{ (Ecuación 2.4.2.3.)}$$

Donde,

Gv_1 = pérdidas de calor a través de la envolvente de la vivienda [W/(m³*K)]

Gv_2 = pérdidas de calor a través de la envolvente de la vivienda más pérdidas debido a intercambios de aire (infiltraciones y ventilación) [W/(m³*K)]

n = renovaciones de aire por hora [1/h]

El coeficiente $0,35 \cdot n$ le agrega una característica más real al comportamiento térmico de la vivienda, ya que pero difícil de determinar, ya que este factor depende principalmente de las costumbres de los moradores dentro de la vivienda, la calidad de las terminaciones de la vivienda y las condiciones climáticas de la zona donde se ubica la vivienda, especialmente el viento.

2.5. DETERMINACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO

Conociendo las pérdidas volumétricas de calor, se determina el gasto de energía anual que tienen las viviendas en estudio por unidad de superficie (2.5.1.), además se establecen las pérdidas totales de energía anual (2.5.2.) que tienen las viviendas analizadas.

$$\frac{W}{A} = \frac{Gv_2 \cdot h \cdot GD \cdot 24}{1000} \left[\frac{kWh \cdot año}{m^2} \right] \text{(Ecuación 2.5.1.)}$$

$$W = \frac{Gv_2 \cdot V \cdot GD \cdot 24}{1000} [kWh \cdot año] \text{(Ecuación 2.5.2.)}$$

Donde,

W = gasto de energía anual total [W]

W/A = gasto de energía anual por unidad de superficie [W/m²]

Gv₂ = pérdidas de calor a través de la envolvente de la vivienda mas pérdidas debido a intercambios de aire (infiltraciones y ventilación) [W/(m³*K)]

h = altura del recinto [m]

GD = grados-días anuales [K]

2.6. FORMAS DE TRANSMISION DE CALOR

La transmisión de energía calorífica depende de la diferencia de temperaturas de los sistemas que intercambian energía, para el caso de la vivienda entre el interior y el exterior de ella, la velocidad con que se produce la transmisión de calor se reduce a medida que el cuerpo más frío se calienta. A continuación se detalla tres maneras de transferencia de energía utilizando la referencia bibliográfica. [11]

2.6.1. Conducción

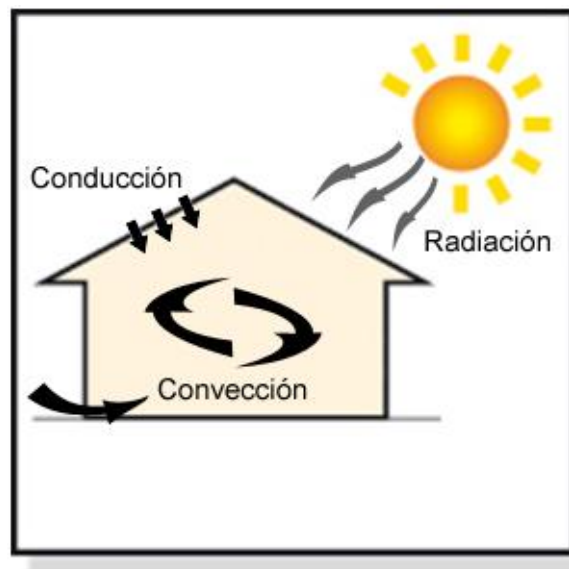
Método de transmisión de energía térmica interna de los cuerpos sólidos puestos en contacto. El calor transmitido por conducción se dirige de las moléculas con energía más elevada, los que se encuentran a mayor temperatura, a los que tienen menor temperatura. Para que exista conducción debe existir continuidad física en la materia.

2.6.2. Convección

Mecanismo de transmisión de calor que tiene un fluido, provocado por movimiento de la masa del mismo. La transferencia de calor que se produce al interior de ese fluido sigue siendo proceso de convección, ya que se pone en contacto con moléculas del fluido entre sí, pero la energía se transporta de un lado a otro por el desplazamiento de la materia.

2.6.3. Radiación

Emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas que se manifiesta en cualquier cuerpo por encontrarse a una cierta temperatura.



Fuente: Empresa Masisa

Figura 2.6.3: Mecanismos de transferencia de calor

2.7. RADIACION SOLAR

2.7.1. Radiación solar directa y difusa

La radiación es una de las formas de transporte de energía por medio de las ondas electromagnéticas o fotones y se rige por la siguiente ecuación:

$$\lambda_o = \frac{c}{f} \text{ (Ecuación 2.7.1.)}$$

Donde,

λ_o = longitud de onda [m]

c = velocidad de propagación de la luz ($3 \cdot 10^8$ [m/s])

f = frecuencia de la onda [1/s]

La radiación solar que incide en un cuerpo puede ser directa o difusa.

La radiación directa es aquella que viene del sol sin cambiar de dirección, mientras que la radiación difusa es aquella que cambia de dirección por reflexión y dispersión. En días nublados toda la radiación es difusa mientras que en los días despejados predomina la radiación directa.

En materiales transparentes la radiación incidente es absorbida, transmitida y reflejada. La magnitud de cada fracción depende de las propiedades de cada material, como se muestra en la figura 2.7.2.

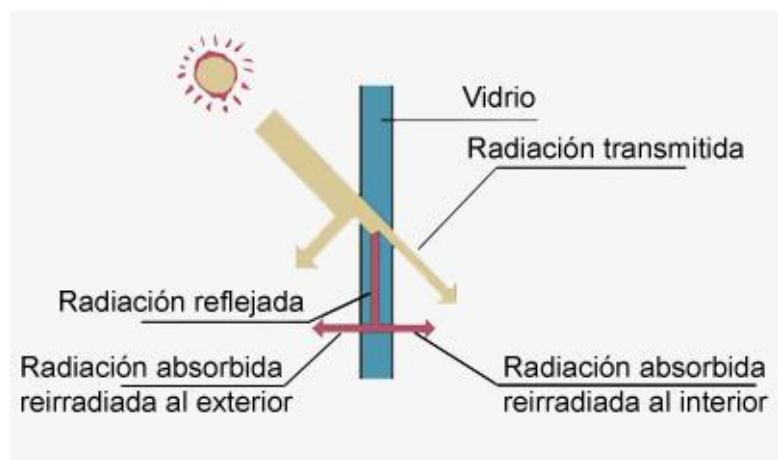


Figura 2.7.2.: Efecto radiación solar en un vidrio monolítico

La tabla 2.7.2. resume el porcentaje de radiación solar que se transmite a través de la superficie vidriada, valor correspondiente a la componente perpendicular a la superficie vidriada. Estos valores dependen de la latitud de las ciudades (ángulo de incidencia) y la época del año.

Tabla N° 2.7.2.: “Transmisión de radiación solar por superficies vidriadas”

<i>Mes</i>	<i>Angulo de incidencia respecto a la horizontal</i>			<i>Transmisión radiación solar*</i>		
	<i>Calama</i>	<i>Santiago</i>	<i>Concepción</i>	<i>Calama</i>	<i>Santiago</i>	<i>Concepción</i>
<i>Junio</i>	44°	33°	30°	72%	84%	87%
<i>Julio-Mayo</i>	47°	37°	34°	68%	80%	83%
<i>Agosto-Abril</i>	57°	48°	43°	54%	67%	73%
<i>Septiembre-Marzo</i>	68°	58°	54°	37%	53%	59%
<i>Octubre-Febrero</i>	78°	67°	63°	21%	39%	45%
<i>Noviembre-Enero</i>	88°	77°	75°	3%	22%	26%
<i>Diciembre</i>	88°	81°	77°	3%	16%	22%

*Valores de transmisión calculados a partir de ángulos de incidencia

2.8. TRAYECTORIA SOLAR

La Tierra es un planeta que gira alrededor del Sol, describiendo una elipse en el periodo de un año. A su vez rota en sí misma en 24 horas respecto a su eje que pasa por los polos.

Debido a los fenómenos señalados, el 21 de junio la Tierra recibe los rayos solares con ángulo cercano a los 90° en el hemisferio norte y más oblicuos en el hemisferio sur, dando lugar al día más largo en el hemisferio norte, solsticio de verano y el día más corto en el hemisferio sur, solsticio de invierno. [13]



Figura 2.8.1.: Movimientos de la tierra

La declinación del Sol, designada con la letra delta δ , se relaciona con el ángulo entre la línea Sol-Tierra y el plano ecuatorial celeste (proyección del ecuador terrestre) como se aprecia en la figura 2.8.2. El valor de la declinación solar varía a lo largo del año, de 23,45° (21 de junio) a - 23,45° (21 de diciembre), pasando por cero en los equinoccios de primavera y otoño. El signo de la declinación es positivo (+) cuando el Sol incide perpendicularmente sobre algún lugar en el

hemisferio norte y negativo (-) cuando incide perpendicularmente sobre algún lugar en el hemisferio sur.

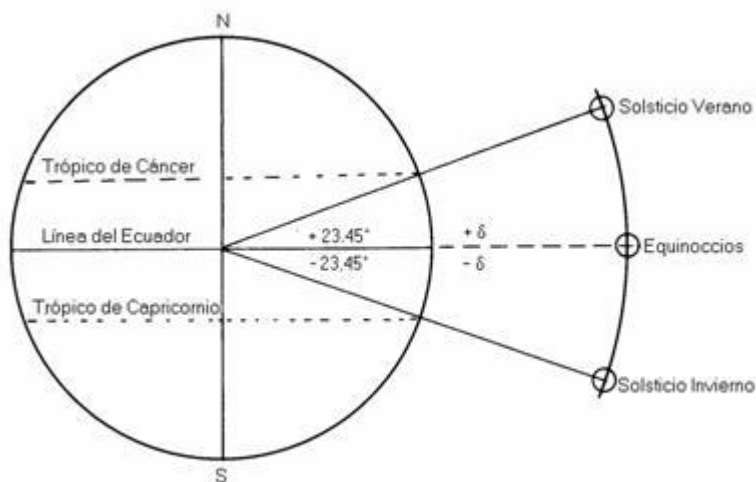
Para aplicaciones de ingeniería se utiliza la “Fórmula de Cooper”, que entrega valores aproximados de la declinación del Sol según el día del año:

$$\delta = 23,45 \cdot \text{sen}\left(360 \cdot \frac{284+n}{365}\right) \text{ (Ecuación 2.8.)}$$

Donde,

δ = declinación [°]

n= número días transcurridos desde el 1 de enero

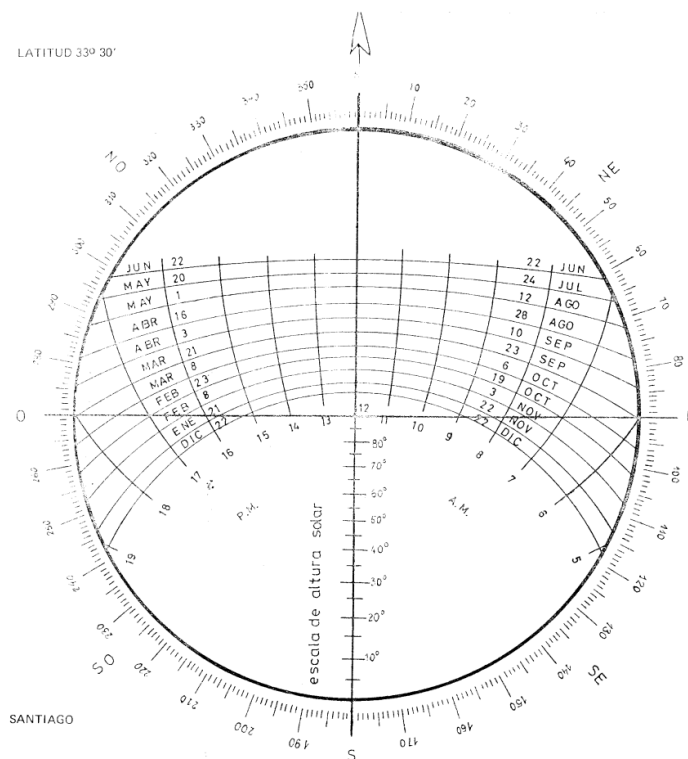


Fuente: Atlas solar. IDEAM 2004

Figura 2.8.2.: Declinación solar

Para diferentes períodos del año, declinaciones, horas del día y latitudes, es posible determinar la altitud y azimut del Sol, la hora de salida y puesta del Sol y duración del día, por medio de los gráficos de trayectoria solar (Anexo D).

Los gráficos de trayectoria solar representan el recorrido del Sol en proyección de la esfera celeste (esfera imaginaria de radio arbitrario centrado en el observador, sobre la cual se proyectan los cuerpos celestes) sobre un plano horizontal durante el año para distintas latitudes.[7]



Fuente: 43 gráficos de trayectoria solar para ciudades de Chile y Argentina, Stuvén Hellmuth

Figura 2.8.3.: Trayectoria solar para la ciudad de Santiago

CAPITULO 3: ZONIFICACION CLIMATICO HABITACIONAL Y TERMICA DE CHILE

3.1. ZONIFICACION TERMICA DE CHILE

Chile se divide de manera térmica en siete zonas térmicas, esta división se establece en la Reglamentación Térmica presente en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), y que es definida por la cantidad de grados-día anuales de calefacción que requieren las distintas comunas del país.

Conocer la temperatura a lo largo del año en distintas zonas del país, es importante para el diseño de la aislación térmica y de sistemas de calefacción y/o aire acondicionado de las viviendas.

Principalmente Chile tiene necesidades de calefacción, ya que para que se necesite refrigeración en una vivienda la temperatura media diaria debe superar los 28°C. Como en Chile la temperatura es superior a los 28°C solo en algunas regiones y por poco tiempo no es necesario un diseño de la vivienda orientado en la refrigeración, sino que en la calefacción. Además en nuestro país temperaturas altas tienen asociadas bajas humedades, lo que permite que las personas toleren bien el calor.

Tabla N° 3.1.: “Zonificación Térmica de grados-día de calefacción según OGUC”

<i>Zona térmica</i>	<i>Grado-día</i>
1	hasta 500
2	500 a 700
3	750 a 1000
4	1000 a 1250
5	1250 a 1500
6	1500 a 2000
7	sobre 2000

En el Anexo A se adjuntan los planos de zonificación térmica para Chile. [9]

3.1.1. Reglamentación Térmica en Chile

En el año 1994 el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) incorporó la Reglamentación Térmica que está presente en el capítulo 4.1.10 de la OGUC, este programa cuenta con tres etapas detalladas a continuación.

- 1° etapa, se realizan exigencias del punto de vista de acondicionamiento térmico, para el complejo techumbre;
- 2° etapa, se realizan exigencias para los complejos muros, pisos ventilados y superficie máxima para las ventanas. Dicha etapa entró en vigencia en enero del año 2007;
- 3° etapa, se refiere a una certificación energitérmica sobre el comportamiento global de la vivienda, la cual es la única que queda por implementar ya que aún se está definiendo

Las etapas 1° y 2° tienen como principal objetivo mejorar la calidad de vida de las personas, a través de un mejoramiento de las viviendas.

A continuación se muestran los requisitos de resistencia R_T y transmitancia U que deben cumplir los diversos complejos que constituyen la envolvente térmica de la vivienda. Dichas exigencias van a depender de la zona térmica donde se ubiquen las viviendas.

Tabla N° 3.1.1.1.: “Exigencias térmicas complejos techumbre, muro y pisos ventilados según OGUC”

Zona Térmica	Techumbre		Muros		Pisos Ventilados	
	U [W/(m ² *K)]	R_T [(m ² *K)/W]	U [W/(m ² *K)]	R_T [(m ² *K)/W]	U [W/(m ² *K)]	R_T [(m ² *K)/W]
1	0,84	1,19	4,00	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,00	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,90	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,70	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,60	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,10	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,60	1,67	0,32	3,13

Las exigencias para los complejos techumbre, muros y pisos ventilados se pueden cumplir de diversas maneras y a continuación se explican cada una de ellas.

1. A través de la incorporación de un material aislante etiquetado con el R_{100}^1 , como indica la tabla a continuación.

Tabla N° 3.1.1.2.: “Requisito R_{100} para complejos techumbre, muros y pisos ventilados”

<i>Zona Térmica</i>	<i>$R_{100} [(m^2 \cdot K)/W]$</i>		
	<i>Techumbre</i>	<i>Muros</i>	<i>Pisos Ventilados</i>
1	94	23	23
2	141	23	98
3	188	40	126
4	235	46	150
5	282	50	183
6	329	78	239
7	376	154	295

2. Mediante un Certificado de Ensaye otorgado por el Laboratorio de Control Técnico de Calidad de la Construcción, que demuestre el cumplimiento de los requisitos térmicos de resistencia total o transmitancia para el complejo en estudio.
3. A través del cálculo de la resistencia o transmitancia térmica realizado por un profesional competente, dicho cálculo se realiza como indica la NCh 853.
4. Utilizar una solución constructiva que pertenezca al Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico, confeccionado por el MINVU.

¹Según la NCh 2251 corresponde a la resistencia térmica que presenta un material o elemento de construcción multiplicado por 100.

3.2. ZONIFICACION CLIMATICO HABITACIONAL PARA CHILE

La norma NCh 1079 divide a Chile en nueve zonas climático habitacionales, con el objetivo de facilitar un adecuado diseño arquitectónico. Los factores climáticos considerados para realizar esta clasificación son: temperatura, humedad, precipitaciones, insolación, soleamiento, nubosidad, nieve y salinidad.

Para el diseño de una vivienda, se debe considerar que la temperatura afecta las condiciones de confort de sus moradores, pero además hay que proteger los materiales que constituyen la envolvente térmica de la vivienda dependiendo de la zona donde se ubique, ya que problemas de humedad, salinidad, lluvias, viento, entre otros varían las condiciones de habitabilidad y dañan la envolvente térmica.

Tabla N° 3.2.: “Zonas Climático-Habitacional de Chile según NCh 1079”

<i>Abreviatura</i>	<i>Nombre de la zona</i>
NL	Norte Litoral
ND	Norte Desértica
NVT	Norte Valle Transversal
CL	Central Litoral
CI	Central Interior
SL	Sur Litoral
SI	Sur Interior
SE	Sur Extremo
An	Andina

A continuación se muestra un plano que divide a Chile en estas nueve zonas climático-habitacionales.

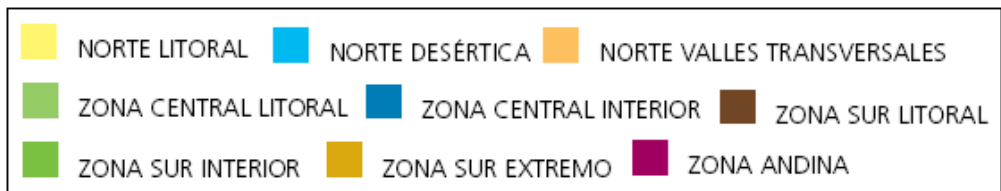
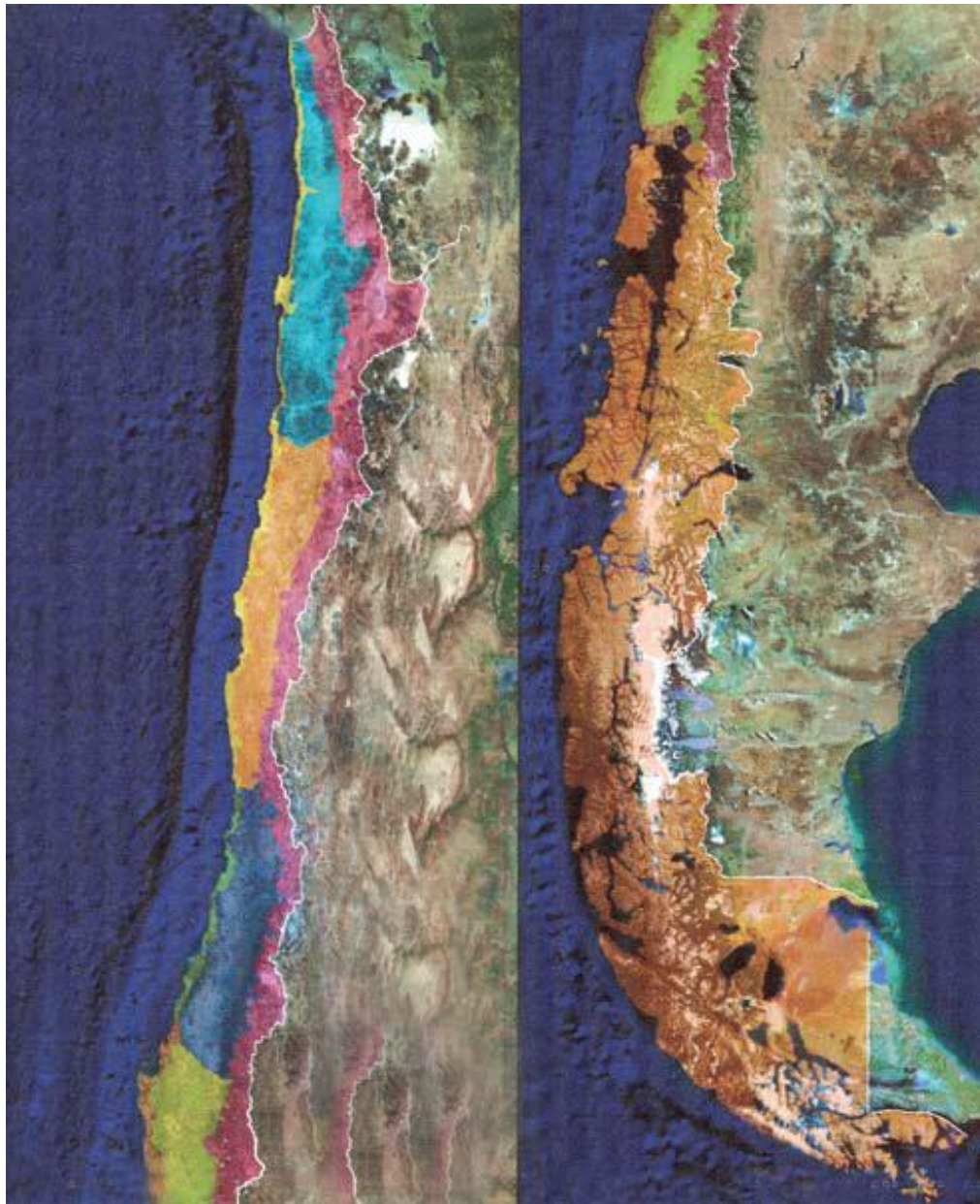


Figura 3.2.: Zonificación climático-habitacional de Chile

CAPITULO 4: TIPOLOGIA DE VIVIENDAS DFL-2 EN ESTUDIO Y SU UBICACIÓN

4.1. TIPOLOGIA DE VIVIENDAS EN ESTUDIO

Las viviendas en estudio corresponden a aquellas que cumplen con el Decreto con Fuerza de Ley N°2 de 1959 (DFL-2) llamadas viviendas económicas que son aquellas que tienen una superficie construida menor de 140 m². Estas viviendas gozan de una serie de beneficios tributarios como por ejemplo una persona que arrienda una vivienda con estas características no es necesario que lo declare en sus impuestos, cuentan con rebaja de hasta un 50% el pago de impuesto territorial o contribución de bienes raíces, pero esto depende de los metros cuadrados construidos, entre otros beneficios.

El estudio considera tres tipos de viviendas: dos unifamiliares correspondientes a una vivienda aislada de 1 piso y una vivienda pareada de 2 pisos, además se estudia una vivienda multifamiliar equivalente a un departamento.

Dentro del caso de las viviendas unifamiliares, se puede apreciar que existen tres tipologías dependiendo de la cantidad de lados que compartan con otra vivienda. Estas se pueden clasificar como pareadas, continuas ó aisladas, descritas en la tabla 4.1.1.

Para el caso de las viviendas multifamiliares, se analiza la ubicación que tenga el departamento en el edificio. Las posiciones analizadas se detallan en la tabla 4.1.2. y la figura 4.1.

Tabla N° 4.1.1.: "Clasificación de viviendas de dos pisos"


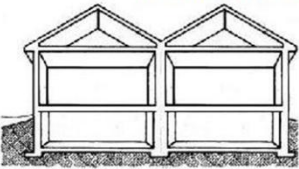
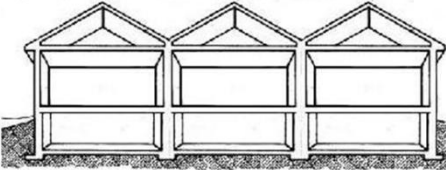
<i>Tipo de vivienda 2 pisos</i>	<i>Descripción</i>
<p>Vivienda Aislada</p> 	No comparte ninguno de sus lados con otra vivienda.
<p>Vivienda Pareada</p> 	Comparte un lado con otra vivienda.
<p>Vivienda Continua</p> 	Comparte dos lados con otra vivienda.

Tabla N° 4.1.2.: "Clasificación de departamentos por ubicación"

<i>Tipo de departamento</i>	<i>Descripción</i>
A	Ubicado en el último piso en una esquina. Tiene 3 caras expuestas al exterior, 2 muros y el techo.
B	Ubicado en un piso intermedio, pero en una esquina. Tiene 2 caras expuestas al exterior, 2 muros.
C	Ubicado en el último piso, pero confinado entre 2 departamentos lateralmente. Tiene 2 caras expuestas al exterior, un muro y el techo.
D	Ubicado en un piso intermedio y solo con un muro expuesto al exterior.

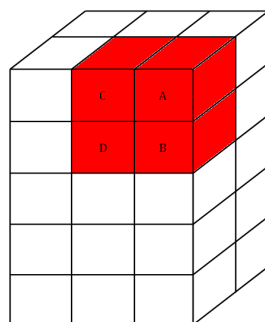


Figura 4.1.: Clasificación de departamentos

De los planos arquitectura de las viviendas en estudio (Anexo B), se obtiene la superficie construida de cada, información que se resume en la tabla 4.1.3.

Tabla N° 4.1.3.: "Superficie construida de las viviendas en estudio"

	<i>Vivienda 1 piso</i>	<i>Vivienda 2 pisos</i>	<i>Departamento</i>
<i>Superficie construida [m²]</i>	70,25	73,28	62,54

A continuación se entrega la superficie de los elementos que componen la envolvente térmica de cada una de las viviendas a estudiar.

Tabla N° 4.1.4.: "Superficie complejos de envolvente térmica vivienda 2 pisos"

<i>Tipo vivienda</i>	<i>Superficie [m²]</i>						<i>Perímetro [m]</i>	<i>% Vidrio</i>
	<i>Muros</i>	<i>Ventanas</i>		<i>Puertas</i>	<i>Cielo</i>	<i>Pisos Ventilados</i>		
		<i>Vidrio</i>	<i>Marco</i>					
<i>Pareada</i>	66,7	9,5	3,1	2,9	38,6	2,0	18,1	12%
<i>Continua</i>	39,0	9,2	2,9	2,9	38,6	2,0	11,9	20%
<i>Aislada</i>	94,4	9,8	3,3	2,9	38,6	2,0	24,2	9%

Tabla N° 4.1.5.: "Envolvente térmica vivienda 1 piso"

<i>Tipo vivienda</i>	<i>Superficie [m²]</i>					<i>Perímetro [m]</i>	<i>% Vidrio</i>
	<i>Muros</i>	<i>Ventanas</i>		<i>Puertas</i>	<i>Cielo</i>		
		<i>Vidrio</i>	<i>Marco</i>				
<i>Aislada</i>	69,5	10,6	2,9	3,2	70,3	37,7	13%
<i>Pareada</i>	46,9	8,5	2,1	3,2	70,3	27,8	15%
<i>Continua</i>	25,0	8,0	1,9	3,2	70,3	15,9	23%

Tabla N° 4.1.6.: “Envolvente térmica departamento”

<i>Tipo vivienda</i>	<i>Superficie [m²]</i>				<i>% Vidrio</i>
	<i>Muros</i>	<i>Ventanas</i>		<i>Cielo</i>	
		<i>Vidrio</i>	<i>Marco</i>		
<i>A</i>	27,9	11,3	1,6	62,5	28%
<i>B</i>	27,9	11,3	1,6	---	28%
<i>C</i>	11,4	7,5	0,9	62,5	38%
<i>D</i>	11,4	7,5	0,9	---	38%

4.2. CARACTERISTICAS DE LA ZONAS CLIMATICO HABITACIONALES EN ESTUDIO

Las viviendas en estudio se ubicaran en tres ciudades del país: Calama, Santiago y Concepción. A continuación se muestra las zonas térmicas y climáticas donde se ubican las ciudades.

Tabla N° 4.2.1: “Zonas Térmicas y Climático Habitacional de ciudades en estudio según NCh1079”

<i>Ciudad</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Elevación m.s.n.m</i>	<i>Grados-día anuales [°C]</i>	<i>Zona Térmica</i>	<i>Zona Climático Habitacional</i>
Calama	22° 29' S	2270	500 - 750	2	Norte Desértica
Santiago	33° 23' S	520	750 - 1000	3	Central Interior
Concepción	36° 46' S	12	1000 - 1250	4	Sur Litoral

Las zonas térmicas donde se ubican las viviendas permiten calcular el consumo anual de energía de éstas, ya que la zona térmica entrega la cantidad de grados- días de calefacción que requiere cada una de las zonas térmicas.

Tabla N° 4.2.2.: “Características de las zonas climático habitacional en estudio según NCh1079”

Zona Climático Habitacional	Localización	Características
Norte Desértica	Planicie comprendida entre la Cordillera de la Costa (zona NL) y la Cordillera de los Andes (zona A) por debajo de los 3.000 m.s.n.m.	Zona desértica, sin lluvias, calurosa. Atmósfera limpia con fuerte radiación solar. Noches frías. Fuerte oscilación diaria de temperatura. Ambiente seco. Vientos fuertes en dirección oeste.
Central Interior	Comprendida entre la zona CL y la precordillera de los Andes por debajo de los 1.000 m.s.n.m., esta área incluye ciudades como Santiago, Rancagua, Linares, Chillán, entre otras.	Zona de clima mediterráneo. Temperaturas templadas. Inviernos de 4 a 5 meses. Lluvias y heladas en aumento hacia el sur. Insolación intensa en verano especialmente hacia al noreste. Oscilación diaria de temperatura moderada, aumentando hacia el este. Vientos del suroeste.
Sur Litoral	Se encuentra a continuación de la zona CL y hasta el canal de Chacao en el sur, conformado por ciudades como Concepción, Talcahuano, Valdivia, Puerto Montt, entre otras.	Zona lluviosa y fría con heladas frecuentes. Veranos cortos de 4 a 5 meses con insolación moderada. Ambiente y suelo húmedo. Vientos sur y suroeste.

CAPITULO 5: GASTO ENERGETICO DE LAS VIVIENDAS

5.1. CONSIDERACIONES PARA LA DETERMINACION DEL GASTO ENERGÉTICO

5.1.1. Velocidad del viento

Dado que las ciudades de Calama y Concepción tienen velocidades de vientos que superan los 10 km/h y de acuerdo a lo que estipula la NCh853, se considera la resistencia térmica superficial exterior $R_{se} = 0$.

El intercambio de aire entre el interior y exterior de la vivienda conduce a pérdidas de calor. El caudal de aire que se intercambie, depende de la velocidad del viento que actúa sobre elementos de la envolvente de la vivienda.

Las zonas climático-habitacionales en estudio presentan distintas velocidades de viento. Dicha diferencia se representa considerando valores distintos de renovaciones de aire n para las zonas analizadas como indica la tabla 5.1.1., ya que este factor determina las pérdidas por intercambios de aire.

Tabla N° 5.1.1.: “Renovaciones de aire para las ciudades en estudio”

<i>Ciudad</i>	<i>Velocidad del viento promedio anual [m/s]</i>	<i>n [1/h]</i>
Calama	8,7	3
Santiago	2,1	1
Concepción	6,7	2

Velocidad máxima 10 km/h = 2,8 m/s

5.1.2. Cámara de aire ventilada en techumbre

Para la estructura techumbre, se establece la cámara de aire del entretecho como una cámara de aire muy ventilada, por lo que sólo se considera las resistencias superficiales interior y

exterior (R_{si} y R_{se}) junto con la resistencia aportada por el elemento interior cielo con su aislación respectiva (R_i).

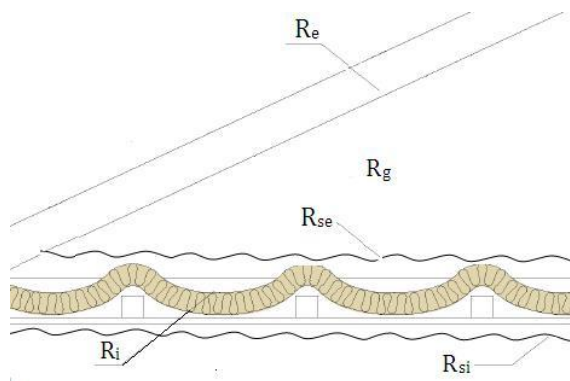


Figura 5.1.2.: Resistencias presentes en la estructura techumbre

Según la NCh853, la resistencia total en elementos con cámara de aire no ventilada se determina como indica la ecuación 5.1.2.1. , pero considerando una cámara de aire ventilada para el complejo techumbre resulta la ecuación 5.1.2.2,

$$R_T = R_{si} + R_i + R_g + R_e + R_{se} \text{ (Ecuación 5.1.2.1.)}$$

$$R_T = R_{si} + R_i + R_{se} \text{ (Ecuación 5.1.2.2.)}$$

Donde,

R_T = resistencia térmica total [(m²*K)/W]

R_{si} = resistencia térmica superficial interior [(m²*K)/W]

R_i = resistencia térmica interior [(m²*K)/W]

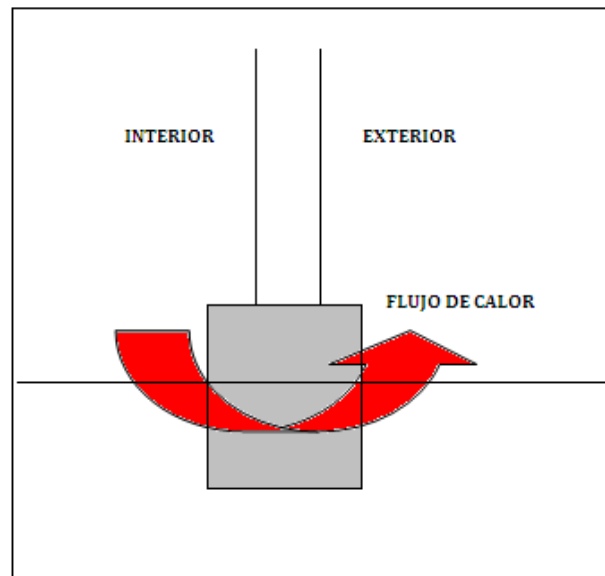
R_g = resistencia térmica cámara de aire no ventilada [(m²*K)/W]

R_e = resistencia térmica exterior [(m²*K)/W]

R_{se} = resistencia térmica superficial exterior [(m²*K)/W]

5.1.3. Pérdidas por el piso

Las pérdidas perimetrales de piso no se consideran, debido a que el suelo es un gran aislante (gran masa) lo que no ocurre en los bordes, ya que el calor se escapa por los cimientos, como se muestra en la figura 5.1.3.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.1.3.: Flujo de calor a través del borde de la vivienda en invierno

5.2. METODOLOGIA DE CÁLCULO DEL GASTO ENERGÉTICO DE UNA VIVIENDA

En este ítem se analiza la metodología que se utiliza para determinar el gasto energía de las viviendas en estudio. El desarrollo de este método se lleva a cabo utilizando las características de la vivienda 1 piso ubicada en la ciudad de Calama.

5.2.1. Materialidad de los elementos de la envolvente

Muros

Albañilería de ladrillo hecho a máquina de 14cm de espesor.

Cadena de hormigón armado de 14cm de espesor.

Estuco exterior de 15mm de espesor.

Ventanas

Vidrio plano de 6mm.

Marco de aluminio.

Puertas

Planchas de MDF HR de 4mm de espesor cada una, listones de madera y cámara de aire de 30mm.

Cielo

Plancha de yeso cartón de 8mm de espesor.

Aislación térmica: lana de vidrio con $R_{100} = 141$.

Pisos

Se consideran pérdidas perimetrales de calor que ocurren a través de los cimientos de la vivienda.

5.2.2. Dimensiones de los elementos de la envolvente

Tabla N° 5.2.2.: “Características geométricas de la vivienda”

Elemento	Área [m²]	Perímetro [m]
Muros	69,54	-
Ventanas		
Vidrio	10,56	-
Marco	2,94	-
Puertas	3,22	-
Cielo	70,25	-
Pisos	-	37,69

5.2.3. Cálculo de transmitancia térmica de los elementos de la envolvente

En general la resistencia térmica de cada elemento de la envolvente y se calcula a partir de la siguiente expresión.

$$R_T = R_{se} + \sum \left(\frac{e}{\lambda} \right)_{material} + R_g + R_{si} \text{ (Ecuación 5.2.3.1)}$$

Además se considera que la resistencia térmica superficial exterior $R_{se}=0$ para la ciudad de Calama.

Muros

La siguiente expresión permite el cálculo de la resistencia en los muros.

$$R_{muro} = \left(\frac{e}{\lambda} \right)_{ladrillo} + \left(\frac{e}{\lambda} \right)_{cadena} + \left(\frac{e}{\lambda} \right)_{mortero} + \left(\frac{e}{\lambda} \right)_{estuco} + R_{si} \text{ (Ecuación 5.2.3.1.)}$$

Tabla N° 5.2.3.1.: “Conductividad térmica de los materiales que componen los muros”

<i>Elemento</i>	<i>e</i> [m]	<i>λ</i> [W/(m*K)]	<i>e/λ</i> [(m²*K)/W]	<i>% Área</i>
Ladrillo	0,14	0,46	0,30	71,6
Mortero de pega	0,14	1,40	0,10	12,6
Estuco exterior	0,015	1,40	0,01	100
Cadena hormigón armado	0,14	1,63	0,09	15,8

La resistencia de cada material se pondera por el porcentaje de área que cada material aporta a los muros y se obtiene la siguiente expresión para la resistencia total de los muros.

$$R_T = 0,716 \cdot \left(\frac{e}{\lambda}\right)_{\text{ladrillo}} + 0,158 \cdot \left(\frac{e}{\lambda}\right)_{\text{cadena}} + 0,126 \cdot \left(\frac{e}{\lambda}\right)_{\text{mortero}} + 1 \cdot \left(\frac{e}{\lambda}\right)_{\text{estuco}} + 0,12 = 0,372 \left[\frac{K \cdot m^2}{W} \right]$$

$$U_{\text{muro}} = \frac{1}{R_{\text{muro}}} = 2,67 \left[\frac{W}{K \cdot m^2} \right]$$

Ventanas

En el caso de las ventanas se calcula de manera separada las resistencias térmicas de marco y vidrio que constituyen la ventana.

$$R_{\text{vidrio}} = \left(\frac{e}{\lambda}\right)_{\text{vidrio}} + R_{si}$$

$$R_{\text{marco}} = \left(\frac{e}{\lambda}\right)_{\text{marco}} + R_{si}$$

Tabla N° 5.2.3.2.: “Conductividad térmica del marco y vidrio de las ventanas”

<i>Elemento</i>	<i>e</i> [m]	<i>λ</i> [W/(m*K)]	<i>e/λ</i> [(m²*K)/W]
Marco aluminio	0,023	210	0,0001
Vidrio	0,006	1,2	0,005

$$R_{\text{vidrio}} = 0,005 + 0,12 = 0,125 \left[\frac{K \cdot m^2}{W} \right]$$

$$U_{\text{vidrio}} = \frac{1}{R_{\text{vidrio}}} = 8 \left[\frac{W}{K \cdot m^2} \right]$$

$$R_{\text{marco}} = 0,0001 + 0,12 = 0,120 \left[\frac{K \cdot m^2}{W} \right]$$

$$U_{\text{marco}} = \frac{1}{R_{\text{marco}}} = 8,33 \left[\frac{W}{K \cdot m^2} \right]$$

Puertas

La siguiente expresión permite el cálculo de la resistencia de la puerta.

$$R_{\text{puerta}} = 2 \cdot \left(\frac{e}{\lambda} \right)_{\text{plancha-MDF}} + \left(\frac{e}{\lambda} \right)_{\text{listones_madera}} + R_g + R_{si}$$

Tabla N° 5.2.3.3.: “Conductividad térmica de los materiales que componen las puertas”

<i>Elemento</i>	<i>e</i> [m]	<i>λ</i> [W/(m*K)]	<i>e/λ</i> [(m²*K)/W]	<i>R_g</i> [(m²*K)/W]
Plancha MDF HR	0,004	0,28	0,014	100
Cámara de aire	0,030	-	-	80
Listones de madera	0,036	0,104	0,346	20

$$R_{\text{puerta}} = 2 \cdot \left(\frac{e}{\lambda} \right)_{\text{plancha-MDF}} + 0,20 \cdot \left(\frac{e}{\lambda} \right)_{\text{listones_madera}} + 0,80 \cdot R_g + 0,12 = 0,352 \left[\frac{K \cdot m^2}{W} \right]$$

$$U_{\text{puerta}} = \frac{1}{R_{\text{puerta}}} = 2,84 \left[\frac{W}{K \cdot m^2} \right]$$

Cielo

La siguiente expresión permite el cálculo de la resistencia del cielo.

$$R_{\text{cielo}} = \left(\frac{e}{\lambda} \right)_{\text{yeso-cartón}} + \frac{R_{100\text{-lana-vidrio}}}{100} + R_{si}$$

Tabla N° 5.2.3.4.: “Conductividad térmica de los materiales que componen el cielo”

Elemento	e [m]	λ [W/(m*K)]	e/λ [(m²*K)/W]	$R_{100/100}$ [(m²*K)/W]
Plancha yeso cartón	0,008	0,31	0,026	-
Lana de vidrio	0,030	-	-	1,41

$$R_{\text{cielo}} = \left(\frac{e}{\lambda} \right)_{\text{yeso-cartón}} + \frac{141}{100} + 0,12 = 1,526 \left[\frac{K \cdot m^2}{W} \right]$$

$$U_{\text{puerta}} = \frac{1}{R_{\text{puerta}}} = 0,66 \left[\frac{W}{K \cdot m^2} \right]$$

Pisos

Se considera pérdidas perimetrales de calor que ocurren a través de los cimientos de la vivienda, el valor de transmitancia térmica lineal $K_1 = 1,4$ [W/(m*K)], que corresponde a un piso corriente según la NCh853.

5.2.4. Determinación de flujos unitarios de energía

Tabla N° 5.2.4.1.: “Flujos unitarios de energía”

<i>Elemento</i>	<i>Área(A)/Perímetro(L)</i> <i>[m²] / [m]</i>	<i>U/K_i</i> <i>[W/(m²*K)] / [W/(m*K)]</i>	<i>U*A/K_i*L</i> <i>[W /K]</i>
Muros	69,54	2,67	186
Ventanas			0,0
Vidrio	10,56	0,005	84
Marco	2,94	0,0001	24
Puertas	3,22	2,84	9
Cielo	70,25	0,66	46
Pisos	37,69	1,40	53
Flujos unitarios de energía : $\Sigma (U*A + K_i*L)$			403

5.2.5. Cálculo de coeficientes volumétricos de pérdidas de energía

Como se explicó en el capítulo 2 (2.5.), para el cálculo del gasto de energía anual total y por unidad de superficie se utilizan las siguientes expresiones.

$$G_{v1} = \frac{\sum U_i \cdot A_i + K_i \cdot L}{V} \quad (5.2.5.1.) \quad G_{v2} = G_{v1} + 0,35 \cdot n \quad (5.2.5.2.)$$

$$\frac{W}{A} = \frac{G_{v2} \cdot h \cdot GD \cdot 24}{1000} \left[\frac{kWh \cdot año}{m^2} \right] \quad (5.2.5.3.)$$

$$W = \frac{G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24}{1000} [kWh \cdot año] \quad (5.2.5.4.)$$

Tabla N° 5.2.4.2.: “Información necesaria para determinar el de gasto de energía”

$\Sigma (U*A + K_i*L)$ <i>[W/K]</i>	<i>V</i> <i>[m³]</i>	<i>n</i> <i>[1/h]</i>	<i>GD</i> <i>[K]</i>	<i>h</i> <i>[m]</i>
403	161,6	3	700	2,3

Tabla N° 5.2.4.3.: “Gasto de energía anual total y por unidad de superficie de la vivienda analizada”

<i>G_{v1}</i> <i>[W/(m³*K)]</i>	<i>G_{v2}</i> <i>[W/(m³*K)]</i>	<i>W/A</i> <i>[kWh*año/m²]</i>	<i>W</i> <i>[kWh*año]</i>
2,49	3,54	137	9611

5.3. RESISTENCIA TERMICA DE LOS ELEMENTOS ENVOLVENTES

5.3.1. Vivienda 2 pisos

Tabla N° 5.3.1.1.: “Resistencias térmica elementos de la envolvente térmica en Calama”

Muros 1° piso	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	Área [%]	R _{muro} [m ² *K/W]
Ladrillo	0,46	0,14	0,304	71,6%	0,258
Estuco exterior mortero	1,40	0,020	0,014	100%	
Mortero de pega	1,40	0,14	0,100	12,6%	
Cadena hormigón armado	1,63	0,14	0,086	15,8%	

Muros 2° piso	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	Área [%]	R _{muro} [m ² *K/W]
Ladrillo	0,46	0,14	0,304	73,5%	0,277
Estuco exterior mortero	1,40	0,020	0,014	100%	
Mortero de pega	1,40	0,14	0,100	13%	
Cadena hormigón armado	1,63	0,14	0,086	13,5%	

Ventanas	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _g [m ² *K/W]	R _{ventana} [m ² *K/W]
Ventana V3					
Vidrio	1,2	0,006	0,005	-	0,005
Marco aluminio	210	0,023	0,0001	-	0,0001
Otras Ventana					
Vidrio	1,2	0,004	0,003	-	0,148
Cámara de aire	-	0,010	-	0,140	
Vidrio	1,2	0,006	0,0050	-	
Marco de aluminio	210	0,023	0,0001	-	0,0001

Puerta	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _g [m ² *K/W]	Área [%]	R _{puerta} [m ² *K/W]
Plancha exterior MDF	0,28	0,004	0,014	-	-	0,194
Cámara aire	-	0,03	-	0,165	-	
Plancha interior MDF	0,28	0,004	0,014	-	-	
Perfiles de aluminio	210	0,001	0,000005	-	-	
Resistencia puerta con cámara de aire			0,194	80%		
Resistencia puerta con perfiles de aluminio y cámara de aire			0,029	20%		

Cielo	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _{cielo} [m ² *K/W]
Aislante térmico: poliestireno expandido 10kg/m ³	0,043	0,06	1,395	1,421
Plancha yeso-cartón	0,31	0,008	0,026	

Pisos ventilados	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _{piso} [m ² *K/W]
Hormigón armado	1,63	0,11	0,067	0,067

Tabla N° 5.3.1.2.: “Resistencias térmica elementos de la envolvente térmica en Santiago”

Muros 1° piso	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	Área [%]	R _{muro} [m ² *K/W]
Ladrillo	0,46	0,14	0,304	71,6%	0,244
Mortero de pega	1,40	0,14	0,100	12,6%	
Cadena de hormigón armado	1,63	0,14	0,086	15,8%	

Muros 2° piso	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _{100/100} [m ² *K/W]	R _{si+Rse} [m ² *K/W]	Área [%]	R _{Total,muro} [m ² *K/W]
R _{si+Rse}	-	-	-	-	0,170	-	
Exterior: plancha OSB	0,23	0,01	0,043	-	-	-	
Lana de vidrio cumple R ₁₀₀	-	-	-	1,880	-	-	
Interior: plancha yeso-cartón	0,31	0,01	0,032	-	-	-	
Perfil aluminio tipo canal atiesado 90CA0.85	58	-	0,236	-	-	-	
Perfil aluminio tipo canal 92C0.85	58	-	0,221	-	-	-	
Resistencia muro con aislante			2,13			84%	
Resistencia muro con perfiles verticales			0,31			9,7%	1,834
Resistencia muro con perfiles horizontales			0,30			6,3%	

Ventanas	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _{ventana} [m ² *K/W]
Ventanas 1° piso				
Vidrio	1,2	0,006	0,005	0,005
Marco aluminio	210	0,023	0,0001	0,0001
Ventana 2° piso				
Vidrio	1,2	0,006	0,005	0,005
Marco de PVC	0,18	0,023	0,128	0,128

Puerta	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _g [m ² *K/W]	Área [%]	R _{puerta} [m ² *K/W]
Plancha exterior MDF	0,28	0,004	0,014	-	-	
Cámara aire	-	0,03	-	0,165	-	
Plancha interior MDF	0,28	0,004	0,014	-	-	
Listones de madera de pino	0,104	0,037	0,356	-	-	
Resistencia puerta con cámara de aire			0,194		80%	
Resistencia puerta con listones madera			0,384		20%	0,232

Cielo	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _{100/100} [m ² *K/W]	R _{cielo} [m ² *K/W]
Lana de vidrio cumple R ₁₀₀	-	-	-	1,880	
Plancha yeso-cartón	0,31	0,01	0,032	-	1,912

Pisos ventilados	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _{piso} [m ² *K/W]
Alfombra	0,05	0,01	0,20	
Hormigón armado	1,63	0,11	0,067	0,267

Tabla N° 5.3.1.3.: “Resistencias térmica elementos de la envolvente térmica en Concepción”

Muro 1° piso	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/λ [m²*K/W]	Área [%]	R_{muro} [m²*K/W]
<i>Ladrillo</i>	0,46	0,14	0,304	71,6%	0,258
<i>Estuco exterior mortero</i>	1,40	0,02	0,014	100%	
<i>Mortero de pega</i>	1,40	0,14	0,100	12,6%	
<i>Cadena hormigón armado</i>	1,63	0,14	0,086	15,8%	

Muros 2° piso	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/λ [m²*K/W]	Área [%]	R_{Total,muro} [m²*K/W]
Exterior: plancha fibrocemento	0,23	0,006	0,026	-	1,293
<i>Aislante térmico: lana de vidrio</i>	0,041	0,06	1,463	-	
Interior: plancha yeso-cartón	0,31	0,01	0,032	-	
<i>Listones (bastidores) de madera de pino</i>	0,104	0,05	0,481	-	
Resistencia muro con aislante			1,64	76,7%	
Resistencia muro con listones			0,66	23,3%	

Ventanas	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	E [m]	e/λ [m²*K/W]	R_g [m²*K/W]	R_{ventana} [m²*K/W]
Otras ventanas					
<i>Vidrio</i>	1,2	0,006	0,005	-	0,005
<i>Marco aluminio</i>	210	0,023	0,0001	-	0,0001
Ventana PV2 y V1					
<i>Vidrio</i>	1,2	0,004	0,003	-	0,148
<i>Cámara de aire</i>	-	0,010	-	0,140	
<i>Vidrio</i>	1,2	0,006	0,0050	-	
<i>Marco de aluminio</i>	210	0,023	0,0001	-	0,0001

Puerta	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/λ [m²*K/W]	R_{puerta} [m²*K/W]
<i>Madera terciada</i>	0,104	0,044	0,42	0,423

Cielo	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/λ [m²*K/W]	Área [%]	R_{cielo} [m²*K/W]
<i>Aislante térmico: lana mineral 40kg/m³</i>	0,042	0,1	2,381	-	1,951
Interior: plancha yeso-cartón	0,31	0,01	0,032	-	
<i>Listones (bastidores) de madera de pino</i>	0,104	0,05	0,481	-	
Resistencia cielo con aislante			2,41	76%	
Resistencia cielo con listones			0,51	24%	

Pisos ventilados	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/λ [m²*K/W]	R_{piso} [m²*K/W]
<i>Alfombra</i>	0,05	0,01	0,20	0,286
<i>Hormigón armado</i>	1,63	0,14	0,086	

5.3.2. Vivienda 1 piso

Tabla N° 5.3.2.1.: “Resistencias térmica elementos de la envolvente térmica en Calama”

Muro	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	Área [%]	R _{muro} [m ² *K/W]
Ladrillo	0,46	0,14	0,304	71,6%	0,255
Estuco exterior mortero	1,40	0,015	0,011	100%	
Mortero de pega	1,40	0,14	0,100	12,6%	
Cadena hormigón armado	1,63	0,14	0,086	15,8%	

Ventanas	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _{ventana} [m ² *K/W]
Vidrio	1,2	0,006	0,005	0,005
Marco aluminio	210	0,023	0,0001	0,0001

Puerta	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _g [m ² *K/W]	Área [%]	R _{puerta} [m ² *K/W]
Plancha exterior MDF HR	0,28	0,004	0,014	-	-	0,232
Cámara aire	-	0,030	-	0,165	-	
Plancha interior MDF HR	0,28	0,004	0,014	-	-	
Listones (bastidores) de madera de pino	0,104	0,036	0,346	-	-	
Resistencia puerta con cámara de aire			0,194		80%	
Resistencia puerta con listones			0,384		20%	

Cielo	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _{100/100} [m ² *K/W]	R _{cielo} [m ² *K/W]
Lana de vidrio cumple R ₁₀₀	-	-	-	1,410	1,436
Interior: plancha yeso-cartón	0,310	0,008	0,026	-	

Tabla N° 5.3.2.2.: “Resistencias térmica elementos de la envolvente térmica en Santiago”

Muro	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/λ [m ² *K/W]	Área [%]	R_{muro} [m ² *K/W]
Ladrillo	0,46	0,14	0,304	73,5%	0,248
Mortero de pega	1,40	0,14	0,100	13,0%	
Cadena de hormigón armado	1,63	0,14	0,086	13,5%	

Ventanas	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/λ [m ² *K/W]	R_{ventana} [m ² *K/W]
Vidrio	1,2	0,006	0,005	0,005
Marco de PVC	0,18	0,023	0,128	0,128

Puerta	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/λ [m ² *K/W]	R_g [m ² *K/W]	Área [%]	R_{puerta} [m ² *K/W]
Plancha exterior MDF	0,28	0,004	0,014	-	-	0,232
Cámara aire	-	0,03	-	0,165	-	
Plancha interior MDF	0,28	0,004	0,014	-	-	
Listones (bastidores) de madera de pino	0,104	0,037	0,356	-	-	
Resistencia puerta con cámara de aire			0,194		80%	
Resistencia puerta con listones			0,384		20%	

Cielo	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/λ [m ² *K/W]	Área [%]	R_{cielo} [m ² *K/W]
Aislante térmico: lana mineral 40kg/m ³	0,042	0,080	1,905	-	1,653
Interior: plancha yeso-cartón	0,31	0,010	0,032	-	
Listones (bastidores) de madera de pino	0,104	0,050	0,481	-	
Resistencia cielo con aislante			1,937	80,1%	
Resistencia cielo con listones			0,513	19,9%	

Tabla N° 5.3.2.3.: “Resistencias térmica elementos de la envolvente térmica en Concepción”

Muro	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/λ [m ² *K/W]	Área [%]	R_{muro} [m ² *K/W]
Ladrillo	0,46	0,14	0,304	73,5%	0,779
Mortero de pega	1,40	0,14	0,100	13,0%	
Poliestireno expandido 15kg/m ³	0,041	0,02	0,484	100,0%	
Interior: plancha yeso-cartón	0,31	0,01	0,032	100,0%	
Estuco exterior de mortero	1,4	0,02	0,014	100,0%	
Cadena de hormigón armado	1,63	0,14	0,086	13,5%	

Ventanas	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/λ [m ² *K/W]	R_{ventana} [m ² *K/W]
Vidrio	1,2	0,006	0,005	0,005
Marco de PVC	0,18	0,023	0,128	0,128

Puerta	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/λ [m ² *K/W]	R_g [m ² *K/W]	Área [%]	R_{puerta} [m ² *K/W]
Plancha exterior MDF HR	0,28	0,004	0,014	-	-	0,232
Cámara aire	-	0,030	-	0,165	-	
Plancha interior MDF HR	0,28	0,004	0,014	-	-	
Listones (bastidores) de madera de pino	0,104	0,036	0,346	-	-	
Resistencia puerta con cámara de aire			0,194		80%	
Resistencia puerta con listones			0,384		20%	

Cielo	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/λ [m ² *K/W]	R_{cielo} [m ² *K/W]
Aislante térmico: lana mineral 40 kg/m ³	0,042	0,10	2,381	2,413
Interior: plancha yeso-cartón	0,310	0,01	0,032	

5.3.3. Departamento

Tabla N° 5.3.3.1.: “Resistencias térmica elementos de la envolvente térmica en Calama”

Muro	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _{i,muro} [m ² *K/W]
Mortero de cemento	1,40	0,02	0,014	0,634
Hormigón armado	1,63	0,20	0,123	
Aislante térmico: poliestireno expandido 10 kg/m ³	0,043	0,02	0,465	
Interior: plancha yeso-cartón	0,31	0,01	0,032	

Ventanas	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _{i,ventana} [m ² *K/W]
Vidrio	1,2	0,006	0,005	0,005
Marco aluminio	210	0,023	0,0001	0,0001

Cielo	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _{100/100} [m ² *K/W]	R _{cielo} [m ² *K/W]
Sobrelosa de hormigón armado	1,630	0,03	0,02	-	1,533
Lana de vidrio cumple R ₁₀₀	-	-	-	1,410	
Losa de hormigón armado	1,630	0,170	0,104	-	

Tabla N° 5.3.3.2.: “Resistencias térmica elementos de la envolvente térmica de Santiago”

Muro	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _{i,muro} [m ² *K/W]
Estuco exterior de mortero	1,40	0,020	0,014	0,654
Hormigón armado	1,63	0,20	0,123	
Aislante térmico: poliestireno expandido 15 kg/m ³	0,041	0,02	0,484	
Interior: plancha yeso cartón	0,31	0,010	0,032	

Ventanas	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _{i,ventana} [m ² *K/W]
Vidrio	1,2	0,006	0,005	0,005
Marco de PVC	0,18	0,023	0,128	0,128

Cielo	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/ λ [m ² *K/W]	R _{100/100} [m ² *K/W]	R _{cielo} [m ² *K/W]
Sobrelosa de hormigón armado	1,630	0,03	0,02	-	2,003
Lana de vidrio cumple R ₁₀₀	-	-	-	1,88	
Losa de hormigón armado	1,630	0,170	0,104	-	

Tabla N° 5.3.3.2.: “Resistencias térmica elementos de la envolvente térmica en Concepción”

Muro	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/λ [m²*K/W]	R_{muro} [m²*K/W]
<i>Exterior: enchape de ladrillo</i>	0,60	0,02	0,033	0,687
<i>Mortero de cemento</i>	1,40	0,02	0,014	
<i>Hormigón armado</i>	1,63	0,20	0,123	
<i>Aislante térmico: poliestireno expandido 15 kg/m³</i>	0,041	0,02	0,484	
<i>Interior: plancha yeso-cartón</i>	0,31	0,01	0,032	

Ventanas	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	E [m]	e/λ [m²*K/W]	R_g [m²*K/W]	R_{ventana} [m²*K/W]
Ventanas correderas					
<i>Vidrio</i>	1,2	0,006	0,005	-	0,005
<i>Marco aluminio</i>	210	0,023	0,0001	-	0,0001
Otras ventanas					
<i>Vidrio</i>	1,2	0,004	0,003	-	0,148
<i>Cámara de aire</i>	-	0,010	-	0,140	
<i>Vidrio</i>	1,2	0,006	0,005	-	
<i>Marco de PVC</i>	0,18	0,023	0,128	-	0,128

Cielo	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	e [m]	e/λ [m²*K/W]	R_{100/100} [m²*K/W]	R_{cielo} [m²*K/W]
<i>Sobrelosa de hormigón armado</i>	1,630	0,03	0,02	-	2,473
<i>Lana de vidrio cumple R₁₀₀</i>	-	-	-	2,350	
<i>Losa de hormigón armado</i>	1,630	0,170	0,104	-	

5.4. PERDIDAS DE CALOR A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE DE LAS VIVIENDAS

5.4.1. Vivienda 2 pisos

Tabla N° 5.4.1.1.: “Resistencias y transmitancias para vivienda 2 pisos ubicada en Calama”

VISTA PRINCIPAL	R_i [m²*K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m²*K/W]	R_T [m²*K/W]	A [m²]	U [W/(m²*K)]	$U*A$ [W/K]
Muro 1° piso	0,258	0,12	0,378	9,73	2,64	25,73
Muro 2° piso	0,277	0,12	0,397	11,74	2,52	29,59
<i>Ventana V1</i>						
Vidrio	0,148	0,12	0,268	1,73	3,73	6,45
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,61	8,33	5,06
<i>Ventana V2</i>						
Vidrio	0,148	0,12	0,268	0,84	3,73	3,12
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,19	8,33	1,59
<i>Ventana V3</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,14	8,00	1,14
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,11	8,33	0,89
<i>Ventana V4</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	1,22	8,00	9,74
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,49	8,33	4,11
<i>Ventana V5</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,34	8,00	2,76
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,19	8,33	1,55
<i>Puerta P1</i>						
Madera	0,194	0,12	0,314	1,50	3,19	4,78
VISTA POSTERIOR	R_i [m²*K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m²*K/W]	R_T [m²*K/W]	A [m²]	U [W/(m²*K)]	$U*A$ [W/K]
Muro 1° piso	0,258	0,12	0,378	7,32	2,64	19,35
Muro 2° piso	0,277	0,12	0,397	10,15	2,52	25,58
<i>Ventana PV1</i>						
Vidrio	0,148	0,12	0,268	0,54	3,73	2,02
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,07	8,33	0,60
<i>Ventana PV2</i>						
Vidrio	0,148	0,12	0,268	2,52	3,73	9,40
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,54	8,33	4,53
<i>Ventana V6</i>						
Vidrio	0,148	0,12	0,268	1,84	3,73	6,85
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,68	8,33	5,68
<i>Puerta PV1</i>						
Madera	0,194	0,12	0,314	1,40	3,19	4,46
VISTA LATERAL	R_i [m²*K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m²*K/W]	R_T [m²*K/W]	A [m²]	U [W/(m²*K)]	$U*A$ [W/K]
Muro 1° piso	0,258	0,12	0,378	7,32	2,64	19,35
Muro 2° piso	0,277	0,12	0,397	13,61	2,52	34,29
<i>Ventana V7</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,31	8,00	2,44
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,21	8,33	1,73
CIELO	1,421	0,09	1,511	38,64	0,66	25,57

PISOS VENTILADOS	0,067	0,17	0,237	1,97	4,21	8,31
PERIMETRO	<i>Con 1 lateral: pareada</i>		18,06	Kl	1,40	25,28
	<i>Sin laterales: continua</i>		11,92		1,40	16,69
	<i>Total: aislada</i>		24,20		1,40	33,88

Tabla N° 5.4.1.2.: “Pérdidas de energía para diversos tipos de viviendas 2 pisos ubicada en Calama”

Caso	G_{v1} [W/(m ³ *C)]	G_{v2} [W/(m ³ *C)]	W/A [kWh*año/m ²]	W [kWh*año]
<i>Pareada</i>	1,73	2,78	107	7876
<i>Continua</i>	1,34	2,39	92	6761
<i>Aislada</i>	2,13	3,18	123	8991

Tabla N° 5.4.1.3.: “Resistencias y transmitancias para vivienda 2 pisos ubicada en Santiago”

VISTA PRINCIPAL	R_i [m ² *K/W]	R_{si}+R_{se} [m ² *K/W]	R_T [m ² *K/W]	A [m ²]	U [W/(m ² *K)]	U*A [W/K]
Muro 1° piso	0,244	0,17	0,414	9,73	2,41	23,51
Muro 2° piso			1,834	11,74	0,55	6,40
<i>Ventana V1</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	1,73	5,71	9,89
Marco aluminio	0,0001	0,17	0,170	0,61	5,88	3,57
<i>Ventana V2</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	0,84	5,71	4,79
Marco aluminio	0,0001	0,17	0,170	0,19	5,88	1,12
<i>Ventana V3</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	0,14	5,71	0,82
Marco aluminio	0,0001	0,17	0,170	0,11	5,88	0,63
<i>Ventana V4</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	1,22	5,71	6,96
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,49	3,36	1,66
<i>Ventana V5</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	0,34	5,71	1,97
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,19	3,36	0,62
<i>Puerta P1</i>						
Madera	0,232	0,17	0,402	1,50	2,49	3,73
VISTA POSTERIOR	R_i [m ² *K/W]	R_{si}+R_{se} [m ² *K/W]	R_T [m ² *K/W]	A [m ²]	U [W/(m ² *K)]	U*A [W/K]
Muro 1° piso	0,244	0,17	0,414	7,32	2,41	17,68
Muro 2° piso			1,834	10,15	0,55	5,54
<i>Ventana PV1</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	0,54	5,71	3,10
Marco aluminio	0,0001	0,17	0,170	0,07	5,88	0,43
<i>Ventana PV2</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	2,52	5,71	14,41
Marco aluminio	0,0001	0,17	0,170	0,54	5,88	3,20
<i>Ventana V6</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	1,84	5,71	10,50
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,68	3,36	2,29
<i>Puerta PV1</i>						
Madera	0,232	0,17	0,402	1,40	2,49	3,48

VISTA LATERAL	R_i [m ² *K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m ² *K/W]	R_T [m ² *K/W]	A [m ²]	U [W/(m ² *K)]	$U*A$ [W/K]
Muro 1° piso	0,244	0,17	0,414	7,32	2,41	17,68
Muro 2° piso			1,834	13,61	0,55	7,42
<i>Ventana V7</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	0,31	5,71	1,74
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,21	3,36	0,70
CIELO	1,912	0,14	2,052	38,64	0,49	18,83
PISOS VENTILADOS	0,267	0,22	0,487	1,97	2,05	4,05
PERIMETRO	<i>Con 1 lateral: pareada</i>		18,06	<i>Kl</i>	1,4	25,28
	<i>Sin laterales: continua</i>		11,92		1,4	16,69
	<i>Total: aislada</i>		24,20		1,4	33,88

Tabla N° 5.4.1.4.: “Pérdidas energía para diversos tipos de viviendas 2 pisos ubicada en Santiago”

Caso	G_{v1} [W/(m ³ *C)]	G_{v2} [W/(m ³ *C)]	W/A [kWh*año/m ²]	W [kWh*año]
<i>Pareada</i>	1,20	1,55	85	6264
<i>Continua</i>	0,98	1,33	74	5396
<i>Aislada</i>	1,41	1,76	97	7131

Tabla N° 5.4.1.5.: “Resistencias y transmitancias para vivienda 2 pisos ubicada en Concepción”

VISTA PRINCIPAL	R_i [m²*K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m²*K/W]	R_T [m²*K/W]	A [m²]	U [W/(m²*K)]	$U*A$ [W/K]
Muro 1° piso	0,258	0,12	0,378	9,73	2,64	25,73
Muro 2° piso	1,293	0,12	1,413	11,74	0,71	8,31
<i>Ventana V1</i>						
Vidrio	0,148	0,12	0,268	1,73	3,73	6,45
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,61	8,33	5,06
<i>Ventana V2</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,84	8,00	6,71
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,19	8,33	1,59
<i>Ventana V3</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,14	8,00	1,14
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,11	8,33	0,89
<i>Ventana V4</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	1,22	8,00	9,74
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,49	8,33	4,11
<i>Ventana V5</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,34	8,00	2,76
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,19	8,33	1,55
<i>Puerta P1</i>						
Madera	0,423	0,12	0,543	1,50	1,84	2,76
VISTA POSTERIOR	R_i [m²*K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m²*K/W]	R_T [m²*K/W]	A [m²]	U [W/(m²*K)]	$U*A$ [W/K]
Muro 1° piso	0,258	0,12	0,378	7,32	2,64	19,35
Muro 2° piso	1,293	0,12	1,413	10,15	0,71	7,19
<i>Ventana PV1</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,54	8,00	4,34
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,07	8,33	0,60
<i>Ventana PV2</i>						
Vidrio	0,148	0,12	0,268	2,52	3,73	9,40
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,54	8,33	4,53
<i>Ventana V6</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	1,84	8,00	14,71
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,68	8,33	5,68
<i>Puerta PV1</i>						
Madera	0,423	0,12	0,543	1,40	1,84	2,58
VISTA LATERAL	R_i [m²*K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m²*K/W]	R_T [m²*K/W]	A [m²]	U [W/(m²*K)]	$U*A$ [W/K]
Muro 1° piso	0,258	0,12	0,378	7,32	2,64	19,35
Muro 2° piso	1,293	0,12	1,413	13,61	0,71	9,63
<i>Ventana V7</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,31	8,00	2,44
Marco aluminio	0,0001	0,12	0,120	0,21	8,33	1,73
CIELO	1,951	0,09	2,041	38,64	0,49	18,93
PISOS VENTILADOS	0,286	0,17	0,456	1,97	2,19	4,33
PERIMETRO	<i>Con 1 lateral: pareada</i>		18,06	Kl	1,40	25,28
	<i>Sin laterales: continua</i>		11,92		1,40	16,69
	<i>Total: aislada</i>		24,20		1,40	33,88

Tabla N° 5.4.1.6.: “Pérdidas de energía diversos tipos de viviendas 2 pisos ubicada en Concepción”

<i>Caso</i>	<i>G_{v1}</i> <i>[W/(m³°C)]</i>	<i>G_{v2}</i> <i>[W/(m³°C)]</i>	<i>W/A</i> <i>[kWh*año/m²]</i>	<i>W</i> <i>[kWh*año]</i>
<i>Pareada</i>	1,33	2,03	140	10275
<i>Continua</i>	1,09	1,79	123	9043
<i>Aislada</i>	1,58	2,28	157	11506

5.4.2. Vivienda 1 piso

Tabla N° 5.4.2.1.: “Resistencias y transmitancias para vivienda 1 piso ubicada en Calama”

VISTA PRINCIPAL	R_i [m ² *K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m ² *K/W]	R_T [m ² *K/W]	A [m ²]	U [W/(m ² *K)]	$U*A$ [W/K]
Muro 1° piso	0,255	0,12	0,375	14,10	2,67	37,63
Ventana BW1						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	3,02	8,00	24,18
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,65	8,33	5,45
Ventana V1						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	1,00	8,00	7,98
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,28	8,33	2,29
Puerta						
Madera	0,232	0,12	0,352	1,68	2,84	4,78
VISTA POSTERIOR	R_i [m ² *K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m ² *K/W]	R_T [m ² *K/W]	A [m ²]	U [W/(m ² *K)]	$U*A$ [W/K]
Muro 1° piso	0,255	0,12	0,375	10,93	2,67	29,15
Ventana BW1						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	3,02	8,00	24,18
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,65	8,33	5,45
Ventana V1						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	1,00	8,00	7,98
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,28	8,33	2,29
VISTA LATERAL 1	R_i [m ² *K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m ² *K/W]	R_T [m ² *K/W]	A [m ²]	U [W/(m ² *K)]	$U*A$ [W/K]
Muro 1° piso	0,255	0,12	0,375	21,83	2,67	58,24
Ventana V2						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,47	8,00	3,75
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,26	8,33	2,18
VISTA LATERAL 2	R_i [m ² *K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m ² *K/W]	R_T [m ² *K/W]	A [m ²]	U [W/(m ² *K)]	$U*A$ [W/K]
Muro 1° piso	0,255	0,12	0,375	22,68	2,67	60,50
Ventana V1						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	1,00	8,00	7,98
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,28	8,33	2,29
Ventana A						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,67	8,00	5,39
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,29	8,33	2,40
Ventana B						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,38	8,00	3,06
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,25	8,33	2,07
Puerta						
Madera	0,232	0,12	0,352	1,54	2,84	4,39
CIELO	1,436	0,09	1,526	70,25	0,66	46,04
PERIMETRO	<i>Total: aislada</i>		<i>Kl</i>	1,4		52,77
	<i>Sin lateral 1: pareada</i>			1,4		38,90
	<i>Sin lateral 1 y 2: continua</i>			1,4		22,29

Tabla N° 5.4.2.2.: “Pérdidas de energía de diversos tipos de vivienda 1 piso ubicada en Calama”

<i>Caso</i>	G_{v1} [W/(m ³ *C)]	G_{v2} [W/(m ³ *C)]	W/A [kWh*año/m ²]	W [kWh*año]
<i>Aislada</i>	2,49	3,54	137	9611
<i>Pareada</i>	2,01	3,06	118	8300
<i>Continua</i>	1,36	2,41	93	6541

Tabla N° 5.4.2.3.: “Resistencias y transmitancias para vivienda 1 piso ubicada en Santiago”

VISTA PRINCIPAL	R_i [m ² *K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m ² *K/W]	R_T [m ² *K/W]	A [m ²]	U [W/(m ² *K)]	$U*A$ [W/K]
Muro 1° piso	0,248	0,17	0,418	14,10	2,39	33,72
<i>Ventana BW1</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	3,02	5,71	17,27
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,65	3,36	2,20
<i>Ventana V1</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	1,00	5,71	5,70
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,28	3,36	0,92
<i>Puerta</i>						
Madera	0,232	0,17	0,402	1,68	2,49	4,18
VISTA POSTERIOR	R_i [m ² *K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m ² *K/W]	R_T [m ² *K/W]	A [m ²]	U [W/(m ² *K)]	$U*A$ [W/K]
Muro 1° piso	0,248	0,17	0,418	10,93	2,39	26,13
<i>Ventana BW1</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	3,02	5,71	17,27
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,65	3,36	2,20
<i>Ventana V1</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	1,00	5,71	5,70
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,28	3,36	0,92
VISTA LATERAL 1	R_i [m ² *K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m ² *K/W]	R_T [m ² *K/W]	A [m ²]	U [W/(m ² *K)]	$U*A$ [W/K]
Muro 1° piso	0,248	0,17	0,418	21,83	2,39	52,20
<i>Ventana V2</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	0,47	5,71	2,68
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,26	3,36	0,88
VISTA LATERAL 2	R_i [m ² *K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m ² *K/W]	R_T [m ² *K/W]	A [m ²]	U [W/(m ² *K)]	$U*A$ [W/K]
Muro 1° piso	0,248	0,17	0,418	22,68	2,39	54,23
<i>Ventana V1</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	1,00	5,71	5,70
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,28	3,36	0,92
<i>Ventana A</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	0,67	5,71	3,85
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,29	3,36	0,97
<i>Ventana B</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	0,38	5,71	2,18

Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,25	3,36	0,84
<i>Puerta</i>						
Madera	0,232	0,17	0,402	1,54	2,49	3,84
CIELO	1,653	0,14	1,793	70,25	0,56	39,18
PERIMETRO	<i>Total: aislada</i>		<i>Kl</i>	1,4		52,77
	<i>Sin lateral 1: pareada</i>			1,4		38,90
	<i>Sin lateral 1 y 2: continua</i>			1,4		22,29

Tabla N° 5.4.2.4.: “Pérdidas de energía de diversos tipos de vivienda 1 piso ubicada en Santiago”

Caso	G_{v1} [W/(m³*C)]	G_{v2} [W/(m³*C)]	W/A [kWh*año/m²]	W [kWh*año]
<i>Aislada</i>	2,08	2,43	134	9432
<i>Pareada</i>	1,65	2,00	110	7761
<i>Continua</i>	1,10	1,45	80	5622

Tabla N° 5.4.2.5.: “Resistencias y transmitancias para vivienda 1 piso ubicada en Concepción”

VISTA PRINCIPAL	R_i [m²*K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m²*K/W]	R_T [m²*K/W]	A [m²]	U [W/(m²*K)]	U*A [W/K]
Muro 1° piso	0,779	0,12	0,899	14,10	1,11	15,69
<i>Ventana BW1</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	3,02	8,00	24,18
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,65	8,33	5,45
<i>Ventana V1</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	1,00	8,00	7,98
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,28	8,33	2,29
<i>Puerta</i>						
Madera	0,232	0,12	0,352	1,68	2,84	4,78
VISTA POSTERIOR	R_i [m²*K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m²*K/W]	R_T [m²*K/W]	A [m²]	U [W/(m²*K)]	U*A [W/K]
Muro 1° piso	0,779	0,12	0,899	10,93	1,11	12,15
<i>Ventana BW1</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	3,02	8,00	24,18
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,65	8,33	5,45
<i>Ventana V1</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	1,00	8,00	7,98
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,28	8,33	2,29
VISTA LATERAL 1	R_i [m²*K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m²*K/W]	R_T [m²*K/W]	A [m²]	U [W/(m²*K)]	U*A [W/K]
Muro 1° piso	0,779	0,12	0,899	21,83	1,11	24,28
<i>Ventana V2</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,47	8,00	3,75
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,26	8,33	2,18
VISTA LATERAL 2	R_i [m²*K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m²*K/W]	R_T [m²*K/W]	A [m²]	U [W/(m²*K)]	U*A [W/K]
Muro 1° piso	0,779	0,12	0,899	22,68	1,11	25,22
<i>Ventana V1</i>						

Vidrio	0,005	0,12	0,125	1,00	8,00	7,98
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,28	8,33	2,29
<i>Ventana A</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,67	8,00	5,39
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,29	8,33	2,40
<i>Ventana B</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,38	8,00	3,06
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,25	8,33	2,07
<i>Puerta</i>						
Madera	0,232	0,12	0,352	1,54	2,84	4,39
CIELO	2,413	0,09	2,503	70,25	0,40	28,06
PERIMETRO	<i>Total: aislada</i>		<i>Kl</i>	1,4		52,77
	<i>Sin lateral 1: pareada</i>			1,4		38,90
	<i>Sin lateral 1 y 2: continua</i>			1,4		22,29

Tabla N° 5.4.2.6: “Pérdidas de energía de diversos tipos de vivienda 1 piso ubicada en Concepción”

Caso	G_{v1} $[W/(m^3°C)]$	G_{v2} $[W/(m^3°C)]$	W/A $[kWh*año/m^2]$	W $[kWh*año]$
<i>Aislada</i>	1,71	2,41	166	11682
<i>Pareada</i>	1,44	2,14	147	10359
<i>Continua</i>	1,01	1,71	118	8277

5.4.3. Departamento

Tabla N° 5.4.3.1.: “Resistencias y transmitancias para un departamento ubicada en Calama”

<i>VISTA PRINCIPAL</i>	R_i [m ² *K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m ² *K/W]	R_T [m ² *K/W]	A [m ²]	U [W/(m ² *K)]	$U*A$ [W/K]
Muro	0,634	0,12	0,754	11,36	1,33	15,06
<i>Ventana 23a</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	4,19	8,00	33,51
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,41	8,33	3,42
<i>Ventana V24</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,24	8,00	1,88
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,11	8,33	0,95
<i>Ventana V25</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	3,06	8,00	24,52
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,36	8,33	2,96
<i>VISTA LATERAL</i>	R_i [m ² *K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m ² *K/W]	R_T [m ² *K/W]	A [m ²]	U [W/(m ² *K)]	$U*A$ [W/K]
Muro	0,634	0,12	0,754	16,58	1,33	21,98
<i>Ventana 26</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	0,59	8,00	4,68
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,19	8,33	1,62
<i>Ventana V27</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	1,60	8,00	12,83
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,26	8,33	2,17
<i>Ventana V28b</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	1,65	8,00	13,18
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,26	8,33	2,20
<i>CIELO</i>	1,533	0,09	1,623	62,54	0,62	38,54

Tabla N° 5.4.3.2.: “Pérdidas de energía para diversos tipos de departamento ubicados en Calama”

<i>Caso</i>	G_{v1} [W/(m ³ *C)]	G_{v2} [W/(m ³ *C)]	W/A [kWh*año/m ²]	W [kWh*año]
A	1,25	2,30	89	5553
B	0,98	2,03	78	4906
C	0,84	1,89	73	4568
D	0,57	1,62	63	3920

Tabla N° 5.4.3.3.: “Resistencias y transmitancias para un departamento ubicada en Santiago”

VISTA PRINCIPAL	R_i [m²*K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m²*K/W]	R_T [m²*K/W]	A [m²]	U [W/(m²*K)]	$U*A$ [W/K]
Muro	0,654	0,17	0,824	11,36	1,21	13,79
<i>Ventana 23a</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	4,19	5,71	23,94
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,41	3,36	1,38
<i>Ventana V24</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	0,24	5,71	1,35
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,11	3,36	0,38
<i>Ventana V25</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	3,06	5,71	17,51
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,36	3,36	1,19
VISTA LATERAL	R_i [m²*K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m²*K/W]	R_T [m²*K/W]	A [m²]	U [W/(m²*K)]	$U*A$ [W/K]
Muro	0,654	0,17	0,824	16,58	1,21	20,13
<i>Ventana 26</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	0,59	5,71	3,35
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,19	3,36	0,65
<i>Ventana V27</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	1,60	5,71	9,17
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,26	3,36	0,88
<i>Ventana V28b</i>						
Vidrio	0,005	0,17	0,175	1,65	5,71	9,41
Marco PVC	0,128	0,17	0,298	0,26	3,36	0,89
CIELO	2,003	0,14	2,143	62,54	0,47	29,19

Tabla N° 5.4.3.4.: “Pérdidas de energía para diversos tipos de departamento ubicados en Santiago”

Caso	G_{v1} [W/(m³*C)]	G_{v2} [W/(m³*C)]	W/A [kWh*año/m²]	W [kWh*año]
A	0,93	1,28	70	4409
B	0,72	1,07	59	3708
C	0,62	0,97	53	3339
D	0,41	0,76	42	2639

Tabla N° 5.4.3.5.: “Resistencias y transmitancias para un departamento ubicada en Concepción”

VISTA PRINCIPAL	R_i [m²*K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m²*K/W]	R_T [m²*K/W]	A [m²]	U [W/(m²*K)]	$U*A$ [W/K]
Muro	0,687	0,12	0,807	11,36	1,24	14,08
<i>Ventana 23a</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	4,19	8,00	33,51
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,41	8,33	3,42
<i>Ventana V24</i>						
Vidrio	0,148	0,12	0,268	0,24	3,73	0,88
Marco PVC	0,128	0,12	0,248	0,11	4,04	0,46
<i>Ventana V25</i>						
Vidrio	0,005	0,12	0,125	3,06	8,00	24,52
Marco PVC	0,0001	0,12	0,120	0,36	8,33	2,96
VISTA LATERAL	R_i [m²*K/W]	$R_{si}+R_{se}$ [m²*K/W]	R_T [m²*K/W]	A [m²]	U [W/(m²*K)]	$U*A$ [W/K]
Muro	0,687	0,12	0,807	16,58	1,24	20,55
<i>Ventana 26</i>						
Vidrio	0,148	0,12	0,268	0,59	3,73	2,18
Marco PVC	0,128	0,12	0,248	0,19	4,04	0,78
<i>Ventana V27</i>						
Vidrio	0,148	0,12	0,268	1,60	3,73	5,98
Marco PVC	0,128	0,12	0,248	0,26	4,04	1,05
<i>Ventana V28b</i>						
Vidrio	0,148	0,12	0,268	1,65	3,73	6,14
Marco PVC	0,128	0,12	0,248	0,26	4,04	1,07
CIELO	2,473	0,09	2,563	62,54	0,39	24,40

Tabla N° 5.4.3.6.: “Pérdidas energía para diversos tipos de departamento ubicado en Concepción”

Caso	G_{v1} [W/(m³*C)]	G_{v2} [W/(m³*C)]	W/A [kWh*año/m²]	W [kWh*año]
A	0,99	1,69	117	7301
B	0,82	1,52	105	6569
C	0,73	1,43	98	6156
D	0,56	1,26	87	5424

CAPITULO 6: AHORRO Y USO RACIONAL DE LA ENERGIA

Existen dos maneras principales de aprovechamiento energético, los cuáles son la conservación energética y la captación de energía gratuita. Además hay factores que determinan el nivel de confort para los moradores de la vivienda y permiten alargar la vida útil de ésta, relacionados con los materiales que se usan, como se deben construir las viviendas y del uso adecuado de la vivienda, analizados en este capítulo.

6.1. AHORRO ENERGETICO

Para evitar pérdidas de energía a través de la envolvente de la vivienda se debe realizar principalmente mejoras en la aislación térmica de las viviendas, lo que disminuye el flujo de calor a través de la envolvente, y hay reducir las fugas de calor debido a ventilación exagerada y filtraciones de aire que ocurren principalmente a través de puertas y ventanas.

6.1.1. Disminución de las pérdidas de calor por la envolvente térmica

Las pérdidas de calor a través de la envolvente se ocasionan porque ésta no cuenta con la aislación adecuada. Existen diversas formas de mejorar la aislación de una vivienda, una es modificar los materiales estructurales que se utilizan en la vivienda (hormigón, ladrillo, madera, entre otros), y variando el tipo el material aislante que se está utilizando en los diversos complejos de la vivienda como lo son lana de vidrio, lana mineral y poliestireno expandido.

Cambiar los materiales de construcción de las viviendas es poco viable debido a que generalmente se utiliza materiales de fácil acceso en la zona donde se ubique la vivienda. Por ello se realiza modificaciones sólo a los materiales aislantes.

Modificación de la aislación térmica de las viviendas en estudio

Realizando modificaciones a los materiales que componen los distintos complejos de la envolvente térmica, se puede determinar la cantidad de calor que fluye a través de estos complejos en función de la temperatura $\varphi(\Delta T)$, quedando definido el flujo de calor por la transmitancia térmica del elemento estudiado, como muestra la ecuación 6.1.1.1.

$$\varphi = U \cdot (T_i - T_e) = U \cdot \Delta T \quad \text{(Ecuación 6.1.1.1.)}$$

A partir de modificaciones a los materiales aislantes que componen los distintos complejos de la envolvente se puede determina el ahorro energético en cada uno de ellos. Se considera dos tipos de ahorros de energía, uno con respecto a una situación inicial sin aislación (espesor 0mm) y otro tipo de ahorro de energía con respecto a los requerimientos mínimos que hace la OGUC para cada uno de los complejos y zonas térmicas en estudio.

$$\%_{AHORRO} = \frac{\varphi_{SA} - \varphi_{CA}}{\varphi_{SA}} \cdot 100 \quad \text{(Ecuación 6.1.1.2.)}$$

$$\%_{AHORRO} = \frac{\varphi_{OGUC} - \varphi_{CA}}{\varphi_{OGUC}} \cdot 100 \quad \text{(Ecuación 6.1.1.3.)}$$

Los valores de densidades más utilizados son los que aparecen en la tabla 6.1.1.1. caso 1, aunque en el análisis realizado se trabajara con el poliestireno expandido de 10kg/m³ y los casos 2 y 3, por considerarse valores óptimos de la lana mineral y de vidrio respectivamente.

Tabla N° 6.1.1.1.: “Características de los materiales aislantes utilizados”

<i>Caso</i>	<i>Material aislante</i>	<i>Densidad [kg/m³]</i>	<i>Conductividad térmica [W/(m*K)]</i>
1	Poliestireno expandido	10	0,0430
	Lana mineral	40	0,0424
	Lana de vidrio	11	0,0420
2	Lana mineral	90	0,0370
3	Lana de vidrio	80	0,0330

No todas las viviendas estudiadas cumplían con las exigencias de la normativa térmica, en general porque corresponden a viviendas que fueron realizadas antes de que entrara en vigencia esta normativa (Enero 2007). A las viviendas en estudio se les mejora el material aislante original y se realiza un estudio con tres materiales aislantes de distintas calidades térmicas y diversos espesores.

Las variaciones realizadas en los materiales aislantes de los elementos que componen la envolvente de la vivienda se detallan en el Anexo E.

El flujo de energía a través de cada uno de los complejos de la vivienda dependiendo del espesor del aislante utilizado, queda representado desde las figuras 6.1.1.1. hasta la figura 6.1.1.6., donde se analizan muros, cielo y pisos ventilados.

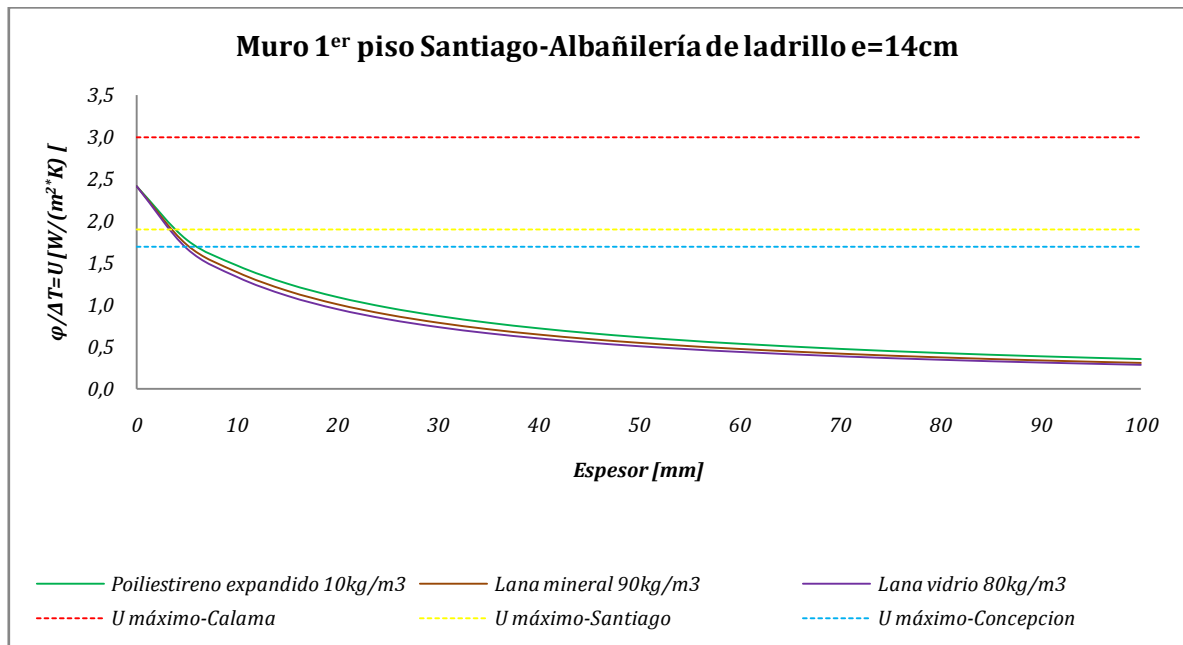


Figura 6.1.1.1.: Variación del flujo térmico sobre muro de ladrillo

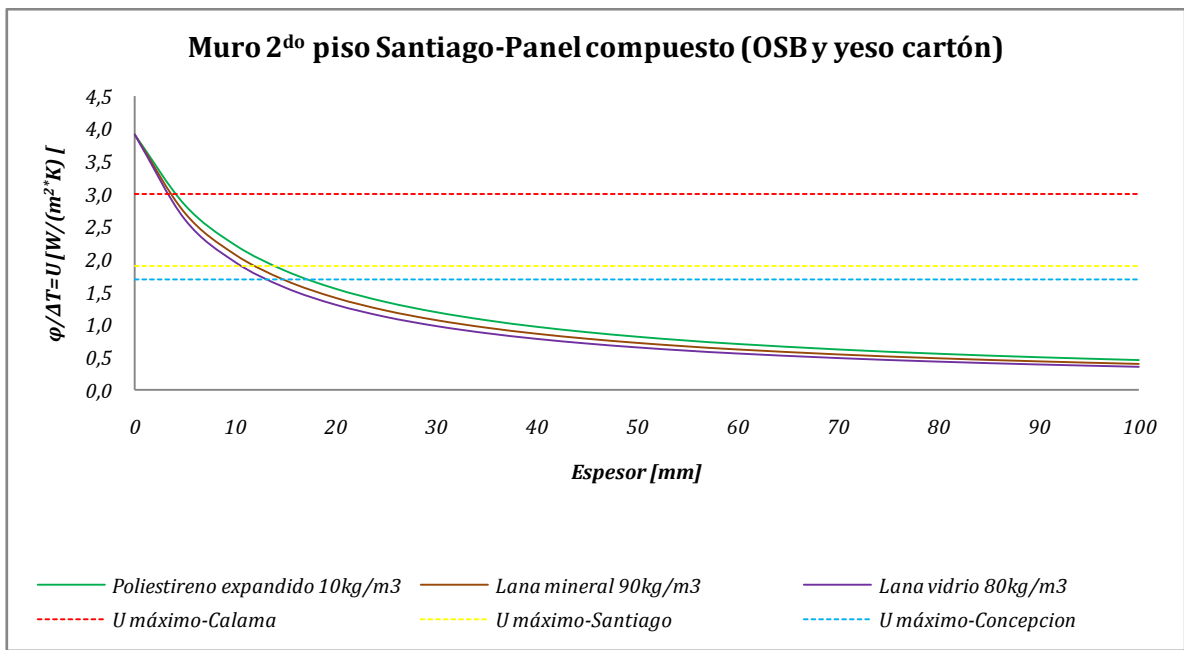


Figura 6.1.1.2.: Variación del flujo térmico a través de muro compuesto por paneles

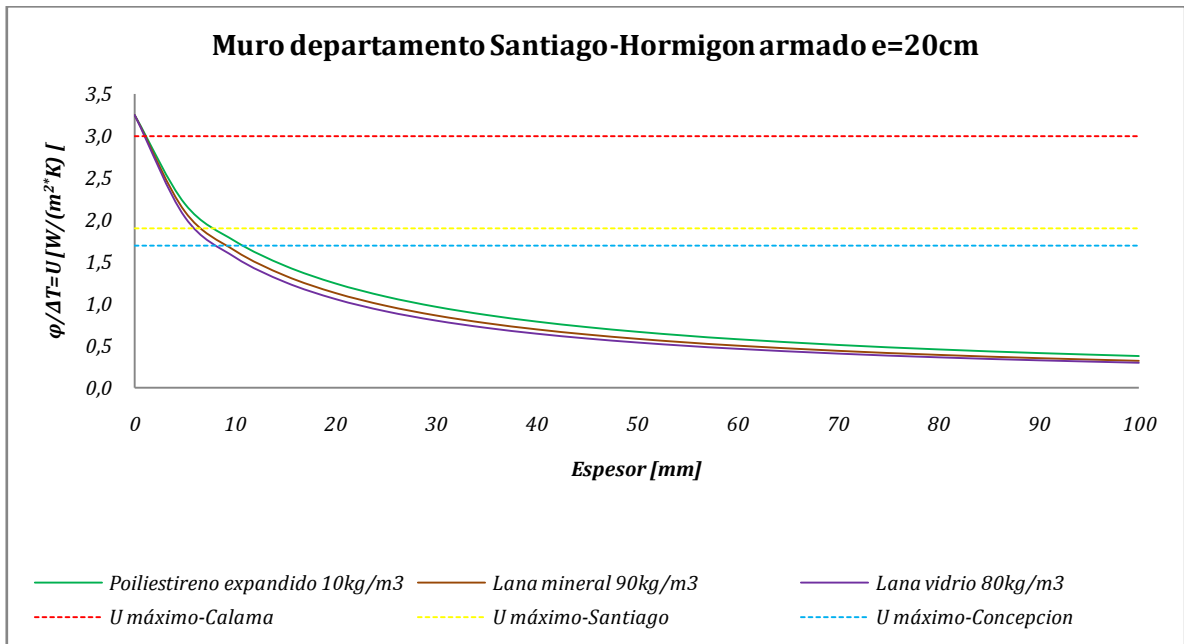


Figura 6.1.1.3.: Variación del flujo térmico sobre muro de hormigón armado

En las figuras 6.1.1.1., 6.1.1.2. y 6.1.1.3. se analiza muros de albañilería, hormigón armado y panel compuesto de una plancha de yeso cartón y otra de fibra de madera aglomerada (OSB). Estas figuras muestran las variaciones del flujo térmico de los distintos muros, a medida que se varía el espesor y la conductividad térmica del material aislante utilizado.

La diferencia entre el muro compuesto de paneles y los otros dos muros, radica en la importancia del uso del material aislante, ya que las planchas que constituyen el panel tienen un espesor muy pequeño, siendo su aporte a la resistencia térmica del muro muy baja, por lo tanto el uso del material aislante es esencial para cumplir con los requerimientos térmicos que exige la OGUC. En cambio en muros de hormigón armado y albañilería, esto no es fundamental para aislar el complejo muro, ya que por sí mismo son un aporte importante a la resistencia térmica, incluso en la ciudad de Calama para el muro de albañilería se cumple la normativa térmica en muros sin el uso de material aislante.

Por otro lado, se puede observar que existen diferencias entre los muros de hormigón y los de ladrillo, ya que para cumplir la normativa en las tres zonas en estudio el espesor aproximado de la aislación que se utilice es de 10mm para el hormigón armado y 5mm para el ladrillo. La diferencia radica en que la conductividad térmica del hormigón armado es cerca de 4 veces mayor a la del ladrillo ($\text{ladrillo/hormigón armado}=0,46/1,63$), a pesar que el espesor del muro de hormigón armado sea mayor al del ladrillo.

En general, los muros analizados requieren del uso de un material aislante de poco espesor para cumplir la normativa térmica correspondiente, ya que por ejemplo para Calama no se requiere de aislación y para las ciudades de Santiago y Concepción el espesor de la aislación requerida es mínimo 5mm. Además a medida que el espesor de la aislación aumenta el flujo térmico disminuye, hasta que se llega a un punto en que si sigue aumentando la aislación la variación del flujo térmico es mínima. Por lo tanto en los tres tipos de muros, no es recomendable el uso de aislación cuyo espesor supere los 40mm aproximadamente, ya que las disminuciones en flujo térmico son casi nulas para valores mayores a éste.

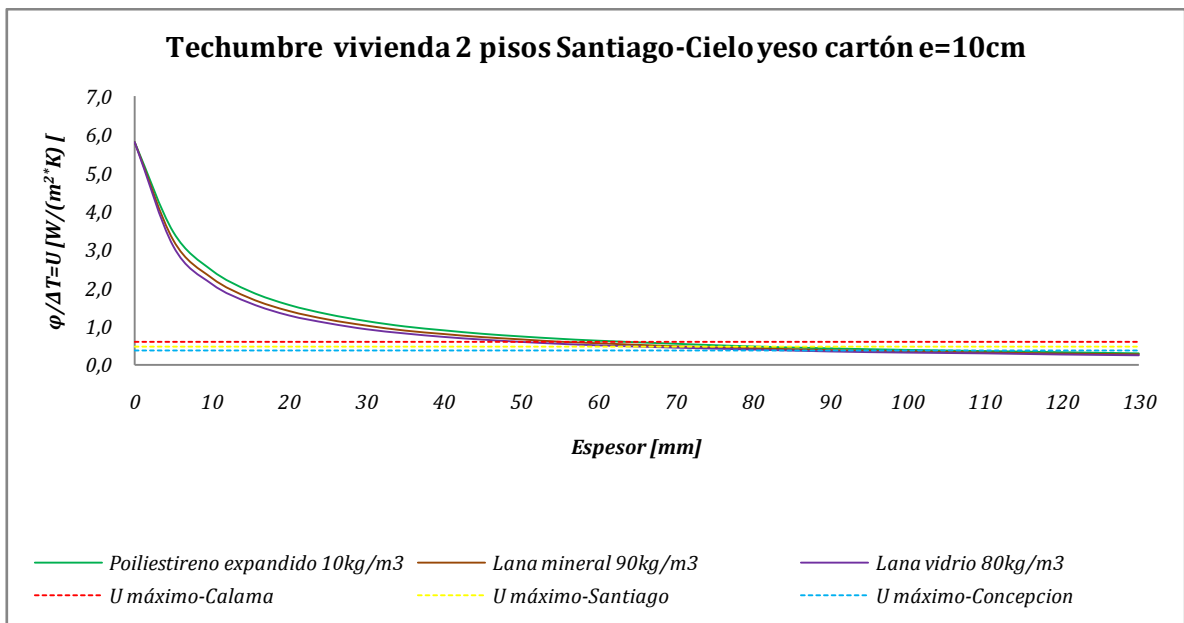


Figura 6.1.1.4.: Variación del flujo térmico con cielo de yeso cartón y un material aislante

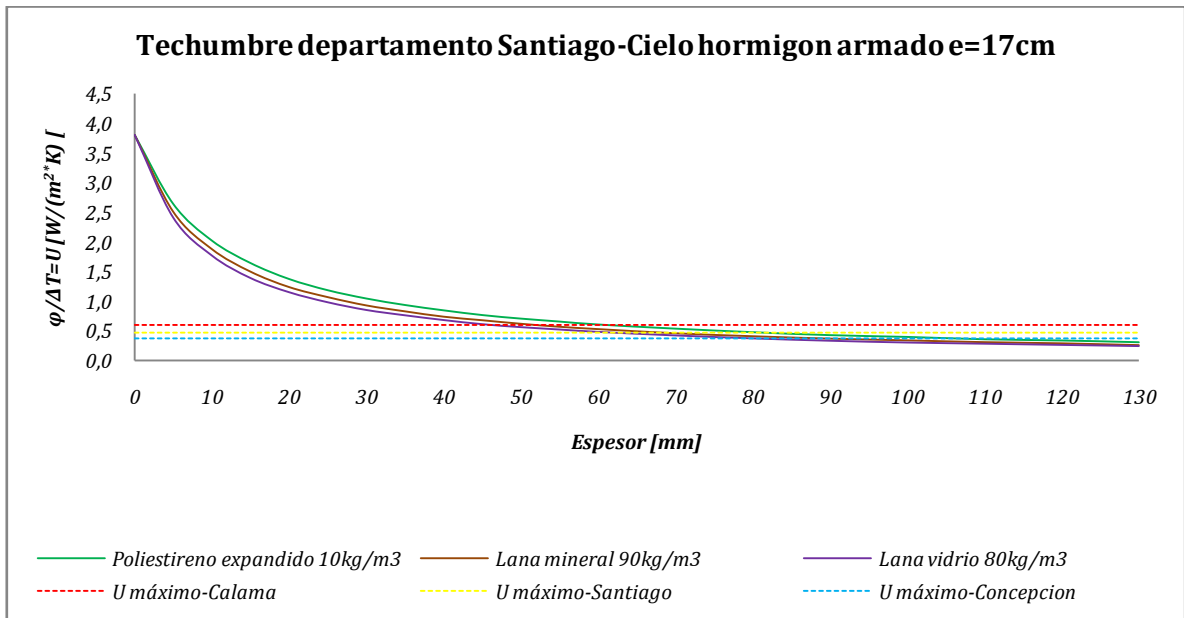


Figura 6.1.1.5.: Variación del flujo térmico sobre cielo de hormigón armado y un material aislante

En el caso del complejo techumbre las exigencias de aislación térmica altas, por lo que la función del aislante es fundamental, especialmente sí en las viviendas estudiadas se consideró el techo ventilado.

Para cumplir la normativa térmica en los complejos techumbre estudiados, los espesores del material aislante fluctúa entre los 50mm y 70mm, dependiendo de la zona climática donde se encuentre. A diferencia de los muros, si a la estructura techumbre se le aumenta el espesor de la aislación no existen grandes variaciones del flujo térmico, por lo que se requeriría de grandes variaciones en el espesor.

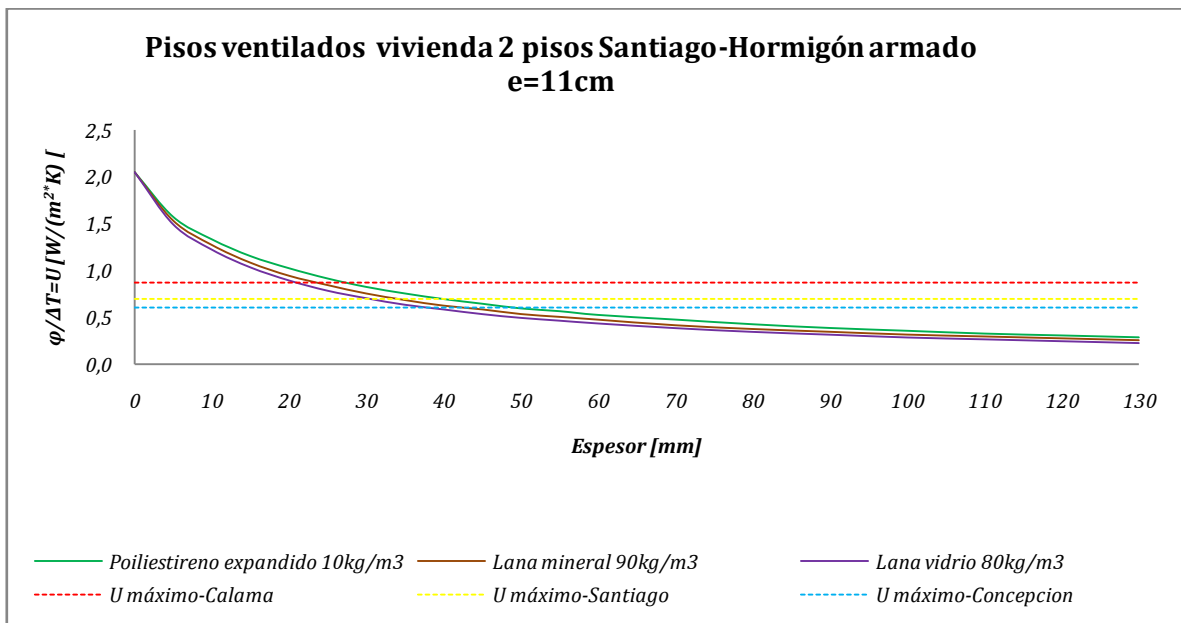


Figura 6.1.1.6.: Variación del flujo térmico con espesor del material aislante sobre pisos ventilados

Respecto a los pisos ventilados, el espesor va a depender de la zona climática donde se ubique la vivienda. Para el caso de Calama con 30mm de espesor se cumple y si se desea reducir el flujo térmico en un 30% el espesor debe aumentar a 45 mm aproximadamente, considerando que se utiliza lana de vidrio como material de aislación. Por otro lado, para Concepción el espesor debe ser mayor a 40mm y llegar a 70 mm si se desea obtener igual nivel de la reducción del flujo térmico.

Las exigencias térmicas para los pisos ventilados son similares a las de la techumbre, pero su uso podría evitarse en el diseño de la vivienda y así evitan las pérdidas de calor a través de este complejo.

Continuando con el análisis de ahorro energético detallado en Anexo E, se obtiene la tabla 6.1.1.2., 6.1.1.3 y 6.1.1.4. que muestra los espesores que debe tener cada complejo de las viviendas en estudio de manera que se cumpla la normativa térmica en las zonas estudiadas. Además se muestra el espesor que debe tener el aislante de cada complejo para que el flujo de calor disminuya aproximadamente en un 30%.

En la tabla 6.1.1.2. se aprecia que en la techumbre a diferencia de los muros, existen grandes variaciones respecto al material aislante que se utilice para cumplir la normativa térmica, por ejemplo en Concepción, donde se usa una plancha de yeso cartón con un aislante sobre ella, si se emplea poliestireno expandido de 10kg/m^3 debe tener un espesor de 140mm y sí se utiliza lana de vidrio de 80kg/m^3 debe tener un espesor de 110mm.

Finalmente en la tabla 6.1.1.5. se muestra la variación de los valores de G_{v1} de las viviendas estudiadas a partir del caso inicial analizado en el capítulo 5 y además de las dos situaciones de aislación descritas en el párrafo anterior.

Tabla 6.1.1.2: “Espesores de aislantes recomendados para complejos de la vivienda 2 pisos”

<i>Material aislante</i>	<i>Densidad [kg/m³]</i>	<i>Conductividad térmica [W/(m*K)]</i>	<i>Características del complejo</i>			<i>Espesores para cumplir la normativa (espesores superar normativa 30%)[mm]</i>		
			<i>Zona andina</i>	<i>Zona centro interior</i>	<i>Zona sur litoral</i>	<i>Zona andina</i>	<i>Zona centro interior</i>	<i>Zona sur litoral</i>
Complejo muro de albañilería								
Poliestireno expandido	10	0,043	Ladrillo prensado 14cm de espesor con acabado de mortero. Se sujeta material aislante con plancha yeso cartón 10mm de espesor.	Ladrillo prensado 14cm de espesor. Se sujeta material aislante con plancha yeso cartón 10mm de espesor.	Ladrillo prensado 14cm de espesor con acabado de mortero. Se sujeta material aislante con plancha yeso cartón 10mm de espesor.	0 (5)	5 (15)	10 (20)
Lana mineral	40	0,0424				0 (5)	5 (15)	10 (20)
Lana de vidrio	11	0,042				0 (5)	5 (10)	10 (15)
Lana mineral	90	0,037						
Lana de vidrio	80	0,033						
Complejo muro panel constructivo								
Poliestireno expandido	10	0,043	No hay panel constructivo, sino que muro de ladrillo.	Plancha OSB de 10mm de espesor, con perfiles metálicos y plancha yeso cartón de 10mm de espesor.	Tingliado de fibrocemento de 6mm de espesor, con tabiquería de madera y plancha yeso cartón de 10mm de espesor.	--	15 (30)	20 (35)
Lana mineral	40	0,0424				--	15 (25)	15(30)
Lana de vidrio	11	0,042				--	15 (20)	15 (25)
Lana mineral	90	0,037						
Lana de vidrio	80	0,033						
Complejo techumbre								
Poliestireno expandido	10	0,043	Plancha de yeso cartón de 8mm de espesor.	Plancha de yeso cartón de 10mm de espesor.	Plancha de yeso cartón de 10mm de espesor con listones de madera. Puente de madera de 24% del área total.	70 (100)	90 (120)	140 (180)
Lana mineral	40	0,0424				60 (90)	80 (110)	120 (160)
Lana de vidrio	11	0,042				55(80)	70 (100)	110 (150)
Lana mineral	90	0,037						
Lana de vidrio	80	0,033						
Complejo pisos ventilados								
Poliestireno expandido	10	0,043	Hormigón armado de 11mm de espesor. Se sujeta material aislante con plancha de yeso cartón de 10mm de espesor.	Hormigón armado de 11mm de espesor. Se sujeta material aislante con plancha de yeso cartón de 10mm de espesor.	Hormigón armado de 14mm de espesor. Se sujeta material aislante con plancha de yeso cartón de 10mm de espesor.	40 (60)	40 (70)	55 (90)
Lana mineral	40	0,0424				35 (55)	35 (60)	45(70)
Lana de vidrio	11	0,042				30 (45)	35 (50)	40 (70)
Lana mineral	90	0,037						
Lana de vidrio	80	0,033						

Tabla 6.1.1.3:” Espesores de aislantes recomendados para complejos de la vivienda 1 piso”

<i>Material aislante</i>	<i>Densidad [kg/m³]</i>	<i>Conductividad térmica [W/(m*K)]</i>	<i>Características del complejo</i>			<i>Espesores para cumplir la normativa (espesores superar normativa 30%)[mm]</i>		
			<i>Zona andina</i>	<i>Zona centro interior</i>	<i>Zona sur litoral</i>	<i>Zona andina</i>	<i>Zona centro interior</i>	<i>Zona sur litoral</i>
Complejo muro de albañilería								
Poliestireno expandido	10	0,043	Ladrillo prensado 14cm de espesor con acabado de mortero. Se sujeta material aislante con plancha yeso cartón 10mm de espesor.	Ladrillo prensado 14cm de espesor. Se sujeta material aislante con plancha yeso cartón 10mm de espesor.	Ladrillo prensado 14cm de espesor con acabado de mortero. Se sujeta material aislante con plancha yeso cartón 10mm de espesor.	0 (5)	5 (15)	10 (20)
Lana mineral	40	0,0424				0 (5)	5 (15)	10 (20)
Lana de vidrio	11	0,042				0 (5)	5 (10)	10 (15)
Lana mineral	90	0,037						
Lana de vidrio	80	0,033						
Complejo techumbre								
Poliestireno expandido	10	0,043	Plancha de yeso cartón de 8mm de espesor.	Plancha de yeso cartón de 10mm de espesor con listones de madera. Puente de madera 20% área total.	Plancha de yeso cartón de 10mm de espesor. Puente de madera 20% área total.	70 (100)	100 (150)	110 (150)
Lana mineral	40	0,0424				60 (90)	90 (130)	100 (130)
Lana de vidrio	11	0,042				55 (80)	80 (120)	90 (120)
Lana mineral	90	0,037						
Lana de vidrio	80	0,033						

Tabla 6.1.1.4:” Espesores de aislantes recomendados para complejos de la departamento”

<i>Material aislante</i>	<i>Densidad [kg/m³]</i>	<i>Conductividad térmica [W/(m*K)]</i>	<i>Características del complejo</i>			<i>Espesores para cumplir la normativa (espesores superar normativa 30%)[mm]</i>		
			<i>Zona andina</i>	<i>Zona centro interior</i>	<i>Zona sur litoral</i>	<i>Zona andina</i>	<i>Zona centro interior</i>	<i>Zona sur litoral</i>
Complejo muro de albañilería								
Poliestireno expandido	10	0,043	Hormigón armado de 20cm de espesor con estuco exterior. Se sujeta material aislante con plancha yeso cartón 10mm de espesor.	Hormigón armado de 20cm de espesor con estuco exterior. Se sujeta material aislante con plancha yeso cartón 10mm de espesor.	Hormigón armado de 20cm de espesor con enchape exterior. Se sujeta material aislante con plancha yeso cartón 10mm de espesor.	5 (10)	10 (20)	15 (25)
Lana mineral	40	0,0424				5 (10)	10 (20)	10 (20)
Lana de vidrio	11	0,042				5 (10)	10 (15)	10 (20)
Lana mineral	90	0,037						
Lana de vidrio	80	0,033						
Complejo techumbre								
Poliestireno expandido	10	0,043	Hormigón armado de 17cm y sobrelosa de hormigón de 3mm. Se sujeta material aislante con plancha yeso cartón 10mm de espesor.	Hormigón armado de 17cm y sobrelosa de hormigón de 3mm. Se sujeta material aislante con plancha yeso cartón 10mm de espesor.	Hormigón armado de 17cm y sobrelosa de hormigón de 3mm. Se sujeta material aislante con plancha yeso cartón 10mm de espesor.	70 (90)	80 (120)	110 (150)
Lana mineral	40	0,0424				55 (80)	70 (100)	90 (130)
Lana de vidrio	11	0,042				50 (70)	70 (90)	80 (120)
Lana mineral	90	0,037						
Lana de vidrio	80	0,033						

Tabla N° 6.1.1.5.: “Variación de Gv1 para distintos casos”

		Gv1 Complejos: aislación inicial				Gv1 Complejos: aislación según norma				Gv1 Complejos: 30% más de aislación			
		Aislada	Pareada	Continua		Aislada	Pareada	Continua		Aislada	Pareada	Continua	
Vivienda 2 pisos	<i>Calama</i>	2,13	1,73	1,34		2,10	1,70	1,29		1,71	1,39	1,08	
	<i>Santiago</i>	1,41	1,20	0,98		1,64	1,35	1,06		1,35	1,13	0,92	
	<i>Concepción</i>	1,58	1,33	1,09		1,61	1,34	1,07		1,37	1,16	0,94	
Vivienda 1 piso	<i>Calama</i>	2,49	2,01	1,36		2,45	1,97	1,32		2,07	1,68	1,14	
	<i>Santiago</i>	2,08	1,65	1,10		1,77	1,42	0,96		1,49	1,21	0,82	
	<i>Concepción</i>	1,71	1,44	1,01		1,88	1,55	1,06		1,67	1,39	0,96	
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Departamento	<i>Calama</i>	1,25	0,98	0,84	0,57	1,43	1,20	0,89	0,66	1,28	1,48	0,81	0,62
	<i>Santiago</i>	0,93	0,72	0,62	0,41	1,04	0,83	0,67	0,46	0,87	0,73	0,56	0,42
	<i>Concepción</i>	0,99	0,82	0,73	0,56	1,02	0,87	0,73	0,57	0,90	0,79	0,65	0,54

Tabla N° 6.1.1.6.: “Variación de las pérdidas de calor a través de la envolvente para diversos casos”

		Calor [kWh*año] Complejos: aislación inicial				Calor [kWh*año] Complejos: aislación según norma				Calor [kWh*año] Complejos: 30% más de aislación				Porcentaje [%]			
		Aislada	Pareada	Continua		Aislada	Pareada	Continua		Aislada	Pareada	Continua		Aislada	Pareada	Continua	
Vivienda 2 pisos	<i>Calama</i>	8991	7876	6761		8926	7782	6638		7801	6919	6638		13	11	0	
	<i>Santiago</i>	7131	6264	5396		8046	6873	5700		6877	6003	5700		15	13	0	
	<i>Concepción</i>	11506	10275	9043		11665	10310	8955		10465	9385	8955		10	9	0	
Vivienda 1 piso	<i>Calama</i>	9611	8300	6541		9514	8203	6444		8465	7423	5943		11	10	8	
	<i>Santiago</i>	9432	7761	5622		8223	6880	5082		7141	6067	4548		13	12	11	
	<i>Concepción</i>	11682	10359	8277		12528	10923	8546		11475	10136	8037		8	7	6	
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Departamento	<i>Calama</i>	5553	4906	4568	3920	5985	5441	4682	4138	5639	5183	4489	4033	6	5	4	3
	<i>Santiago</i>	4409	3708	3339	2639	4787	4063	3507	2783	4224	3724	3145	2645	12	8	10	5
	<i>Concepción</i>	7301	6569	6156	5424	7435	6757	6178	5501	6913	6436	5847	5370	7	5	5	2

Mejoramiento de muros y techumbre

El incremento de aislamiento es una de las medidas más sencillas de llevar a cabo y que tienen un mayor impacto en ahorro energético. La aplicación del aislamiento por el exterior de la envolvente existente permite, además de reducir las pérdidas energéticas a través de cerramientos, evitar los puentes térmicos.

Independiente de la ubicación que ocupe el material aislante, este y los materiales constructivos que componen la envolvente térmica deben estar protegidos de condiciones externas e internas a la vivienda de manera de no modificar sus propiedades térmicas. En especial si el material aislante se ubica por la cara exterior, en zonas caracterizadas por lluvias y fuertes vientos (CI, SL), es recomendable utilizar como material aislante uno de baja permeabilidad, como el poliestireno expandido, ya que está conformado por celdas cerradas que impiden el paso del agua, a diferencia de la lana mineral conformada por fibras que permiten el paso del agua. Teóricamente la terminación que protege al material aislante debe ser capaz de evitar filtraciones, pero la aislación no es fácil de colocar en muros de albañilería y hormigón armado.

En techos es simple la colocación del material aislante y en general se utiliza la lana de vidrio, ya que simplemente esta se coloca sobre una estructura montante o una capa de un material constructivo (fibra de madera, plancha yeso-cartón, etc.), aunque este material debe estar bien colocado de manera que no se generen puentes térmicos que afecten dicho complejo.

Mejoramiento de las ventanas

Es recomendable en perfilería el uso de materiales de baja conductividad térmica (PVC, madera). Asimismo, la sustitución de los vidrios simples por vidrios dobles tiene un impacto muy grande en el consumo energético, sobre todo en las zonas más frías, y en las orientaciones sur. Respecto al tipo de vidriado, existe una gran variedad en el mercado y los más frecuentes existentes en el mercado son vidriado simple monolítico, doble vidriado hermético (DVH) y la doble.

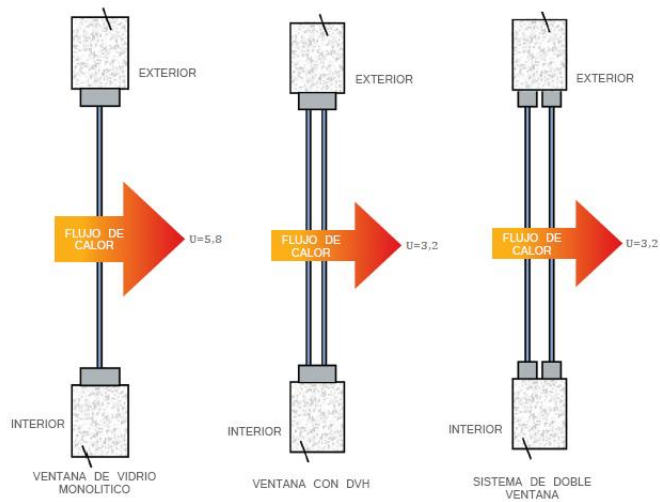
Utilizando la ecuación 6.1.1.4 y la información de la tabla 6.1.1.7 se realiza el cálculo de la transmitancia térmica para los distintos tipos de ventanas y de ella se observa que aquellos casos donde hay capa de aire entre los vidrios (DVH y doble ventana) la transmitancia es menor, ya que la capa de aire es la que aporta gran parte de la aislación térmica a la superficie vidriada y el aporte de los vidrios es despreciable.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \left(\frac{e}{\lambda}\right)_{\text{vidrio}} + R_g + R_{se}} \quad \text{(Ecuación 6.1.1.4.)}$$

Tabla N° 6.1.1.7.: “Determinación transmitancia térmica de superficie vidriada”

<i>Material</i>	<i>Espesor [mm]</i>	<i>e/λ [m²*K/W]</i>
Vidrio	5	0,004
Capa de aire	10	0,14
Vidriado simple		5,8
DVH	U[W/m²*K]	3,2
Doble ventana		3,2

$R_{si} + R_{se} = 0,17 \text{ [m}^2\text{*K/W]}$



Fuente: CDT, Aislación térmica exterior-Manual de diseño para soluciones en edificaciones

Figura 6.1.1.7.: Tipos de ventanas

Mejoramiento del perímetro de la vivienda

Las pérdidas de calor que se pueden reducir colocando por el interior del perímetro de la vivienda un material aislante según como indica la figura 6.1.1.8.

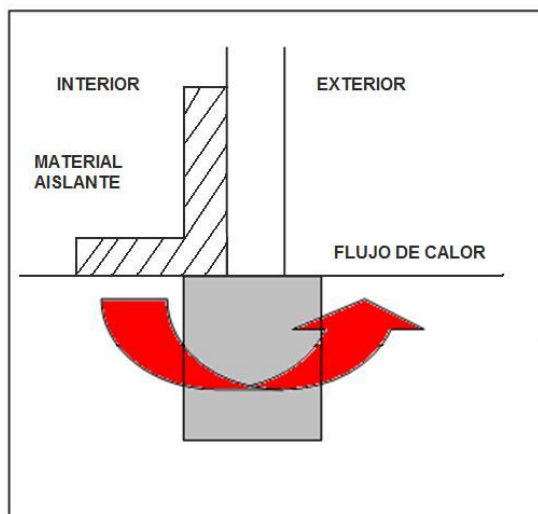


Figura 6.1.1.8.: Mejoramiento de la aislación perimetral

6.1.2. Disminución de las pérdidas de calor por ventilación

Además de las pérdidas de calor que se producen por transmisión a través de la envolvente térmica, la vivienda tiene pérdidas de calor por ventilación, las que se producen cuando existen intercambios de aire entre el interior y el exterior de un recinto.

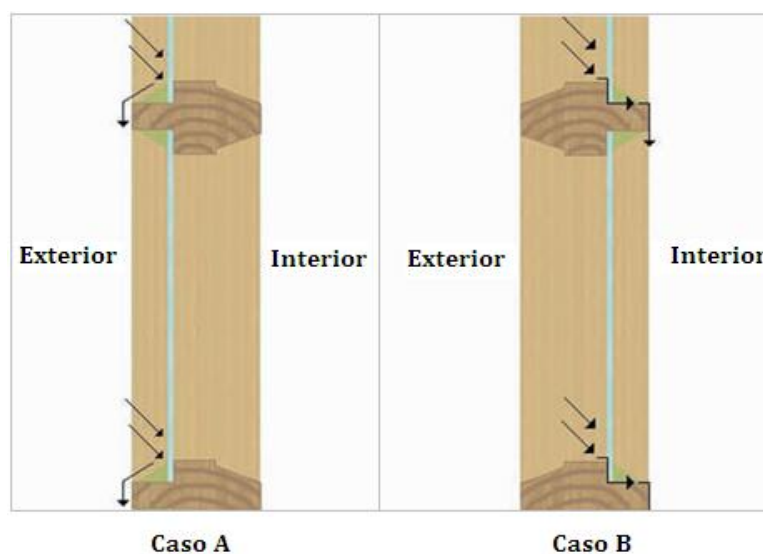
Las ventilaciones de una vivienda tienen diversas fuentes de origen como lo son las renovaciones de aire mínima que requiere una vivienda para mantener la higiene dentro de ella; también están aquellas que se relacionan con los sistemas de ventilación de las viviendas los que a veces son exagerados; y filtraciones de aire que se producen por medio de rendijas, juntas u otros a través de ventanas y puertas.

La ventilación recomendable es la controlada a través de rejillas, mientras que las infiltraciones espontáneas a través de rendijas de los marcos no son deseables. En general, tanto para ventanas como puertas, los marcos más herméticos son los de madera y PVC, por lo contrario

los que dejan pasar más cantidad de aire son los de acero, sobre todo si han sido pintados varias veces, ya que las sucesivas capas impiden su correcto cierre.

En el mercado actual existen diversos tipos de ventanas y con distintos tipos de aperturas, esto último influye en la hermeticidad de estos elementos, siendo más herméticas las carpinterías abatibles, que las correderas y éstas que las guillotina. En cualquier caso se puede mejorar la hermeticidad colocando burletes en marcos de puertas y ventanas como muestra en la figura 6.1.2.2. [11]

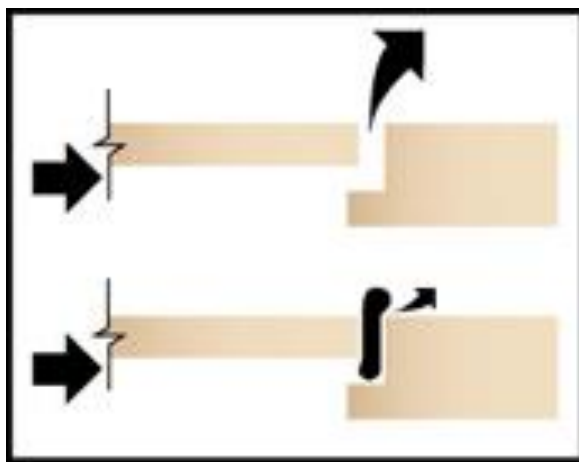
Aunque la tendencia en Chile es utilizar las ventanas con marcos de aluminio, también las existen varias con marcos de madera, en las cuales hay que tener cuidado al momento de colocar el vidrio, ya que este debe ser puesto por el exterior, de manera que posibles filtraciones no penetren hacia el interior. Los vidrios deben ser siempre instalados hacia el exterior como en la figura 6.1.2.1. caso A, si se instalan al revés, el agua puede penetrar hacia el interior como en la figura 6.1.2.1. caso B. Por lo tanto el material que se emplee para colocar las ventanas, masilla o silicona, debe ir por el exterior.



Fuente: Corporación Chilena de la Madera (CORMA)

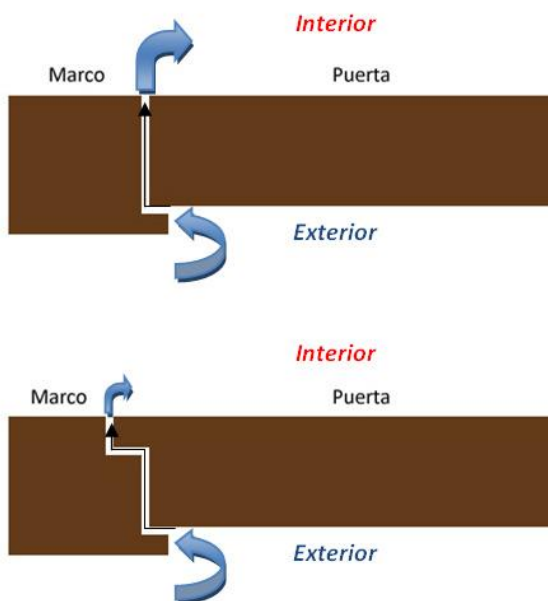
Figura 6.1.2.1.: Ubicación vidrio en el marco, caso A por fuera, caso B por dentro.

Existen mejoramientos constructivos que se pueden realizar a los bordes de las puertas que impidan tanto la entada y salida de calor de la vivienda, como se muestra en la figura 6.1.2.3., como también se puede colocar burletes de goma alrededor del marco que minimicen los efectos de infiltraciones como se muestra en la figura 6.1.2.2.



Fuente: Empresa Masisa

Figura 6.1.2.2.: Disminución de infiltraciones con burlete de goma en marcos



Fuente: Elaboración propia

Figura 6.1.2.3.: Disminución del flujo térmico al mejorar el borde de la puerta

Generalmente en complejo techumbre para viviendas unifamiliares, entre el cielo y la cubierta de la vivienda se produce una cámara de aire muy ventilada, lo que disminuye la aislación térmica de este complejos debido a la sobre ventilación que ocurre en el entretecho. Por lo tanto es recomendable el uso de ventilación controlada que permita que exista la ventilación necesaria para la vivienda sin que ocurra la sobre ventilación. Este diseño de ventilación se debe aplicar en los demás complejos de la vivienda de forma que en verano se ventile ayudando a enfriar la vivienda y en invierno este sistema se cierre de modo que no se escape el calor de la vivienda ni entre aire a bajas temperaturas que enfríen el interior.



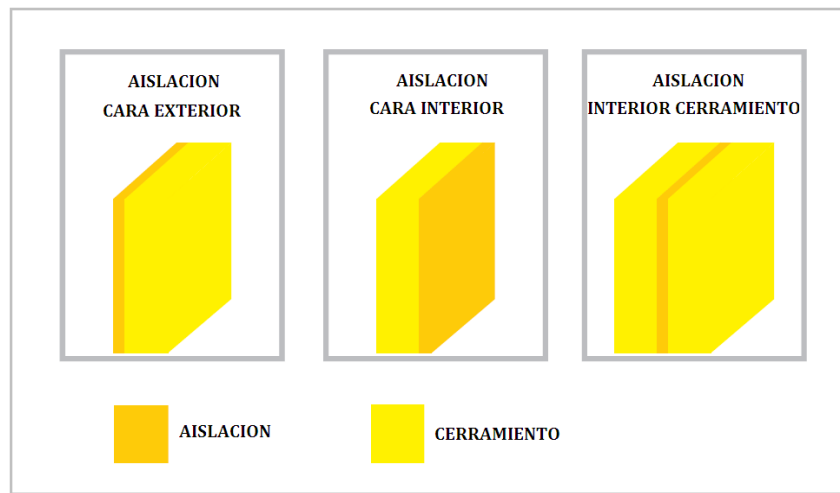
Fuente: Elaboración propia

Figura 6.1.2.4.: Ventilación sistema de entretecho

6.1.3. Disposición del material aislante

El material aislante puede ser puesto tanto por la cara interior como por la exterior de la vivienda, además existe una ubicación entre capas del cerramiento, utilizado principalmente en paneles prefabricados. La ubicación del material aislante dependerá principalmente de las características climáticas de la zona donde se encuentra la vivienda y uso de la vivienda.

La posición donde se coloque el material aislante no influye en el valor de la resistencia térmica del complejo que se está aislando, pero la ubicación que tenga el aislante afecta las futuras condiciones de confort y mantención de la vivienda.



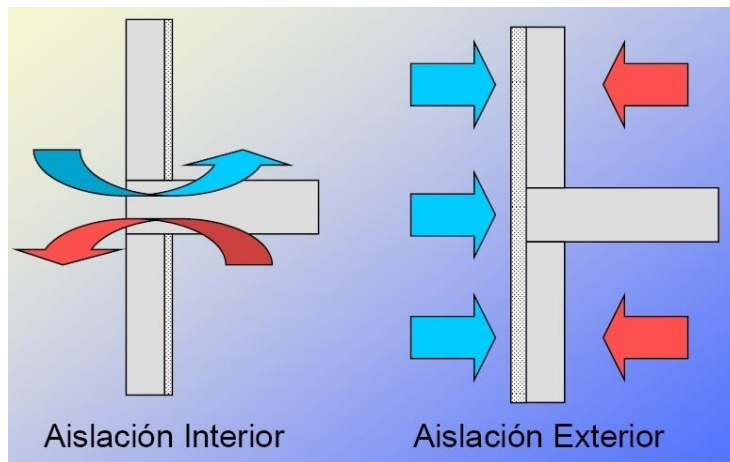
Fuente: CDT, Aislación térmica exterior-Manual de diseño para soluciones en edificaciones

Figura 6.1.3.1.: Distintas ubicaciones del material aislante

En general la tendencia es colocar la aislación por la cara interior de la vivienda, a pesar de que la aislación exterior resulta ser más ventajosa en los casos de viviendas de uso permanente.

A continuación se detallan los principales beneficios de aislar exteriormente.

- A diferencia de la aislación interior, esta no genera reducción en el espacio útil interior.
- Elimina gran parte de los puentes térmicos, ya que el material aislante se ubica por el exterior de todo el muro sin que ocurran interrupciones.
- Se puede colocar en viviendas antiguas que no posean o para mejorar su aislación sin interferir con los moradores de la vivienda.
- Permite el aprovechamiento de la inercia térmica, de modo que de los materiales constructivos puedan almacenar calor para entregarlo al ambiente cuando la temperatura disminuye.



Fuente: Empresa Eurotec

Figura 6.1.3.2.: Solución de puente térmico empleando aislamiento exterior

Por otro lado, el uso de la aislación por la cara interior, es recomendable en aquellas viviendas que no se utilizan frecuentemente, ya que las condiciones de confort térmico se alcanzan rápidamente, debido a que no se almacena calor en sus materiales constructivos.

Tipo de aislación por zona climática [6]

Dependiendo de las características climáticas que tengan las zonas climáticas donde se ubiquen las viviendas, es la posición que debe tener el material aislante dentro de la envolvente de la vivienda.

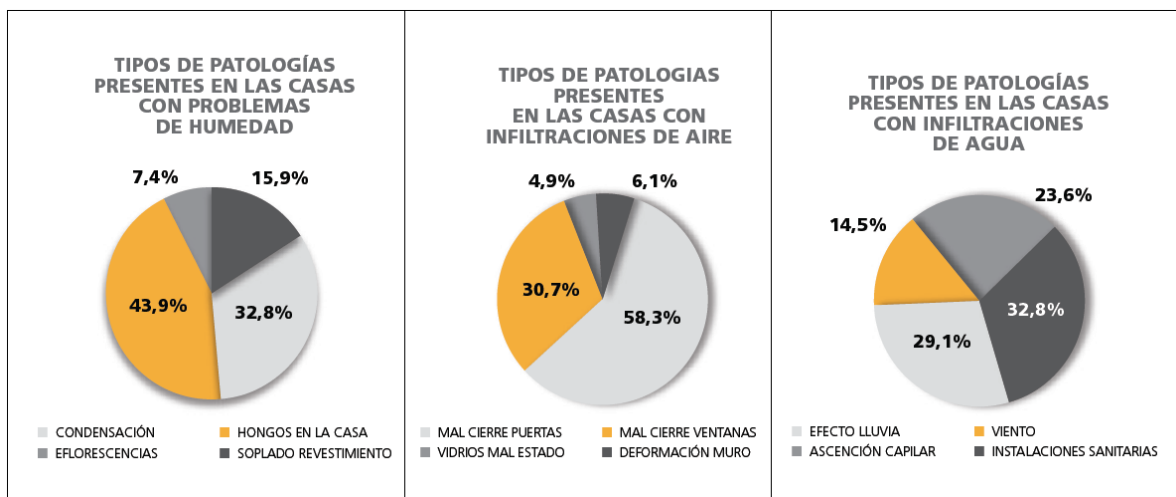
Para zonas climáticas con grandes oscilaciones térmicas (zonas ND, NVT, CI y An) se recomienda el uso de aislación exterior, así se aprovecha la inercia térmica de los elementos estructurales lo que permite desfase entre la temperatura interior del edificio y la temperatura exterior y una oscilación interior menor de temperatura.

En zonas con presencia de temperaturas bajo 0°C (zonas CI, SI, SE y An), lo recomendable es utilizar aislación exterior con el propósito de proteger el muro de las heladas y evitar el congelamiento de los materiales estructurales, también se evitan los ciclos de hielo y deshielo en los materiales del cerramiento.

En edificios cercanos a la costa, donde las oscilaciones diarias de temperatura son bajas, la aislación puede ser interior o exterior (zonas NL, CL, SL y SE).

6.2. MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA VIVIENDA

Estudios realizados a una muestra de viviendas construidas entre el año 2002 y 2006 de menos de 4.000UF, en las ciudades de La Serena, Santiago, Concepción y Puerto Montt en el invierno del 2007 y el verano del 2008 por la Sociedad de Cooperación Técnica Alemana (GTZ) y el Programa País de Eficiencia Energética (PPEE), arrojaron que las principales patologías presentes en las viviendas fueron problemas generados por la humedad (50%), un tercio por infiltraciones de aire y un 17% por infiltraciones de agua.



Fuente: Revista BIT (60), Estudio técnico-Confort térmico en las viviendas

Figura 6.2.: Caracterización de patologías presentes en las viviendas

6.2.1. Humedad

La humedad provoca deterioro en la vivienda (moho, manchas, deterioro de acabado) que tiene costos asociados y además produce alteraciones en las condiciones de habitabilidad de sus moradores.

Los muros perimetrales y los techos de una vivienda se humedecen principalmente debido a dos fenómenos, uno corresponde a la condensación interior de la vivienda y exteriormente por las lluvias que azotan los muros y techo generándose infiltraciones en los materiales fenómeno intensificado por el viento. [27]

Humedad en materiales de construcción

Uno de los principales problemas que causa la humedad es la **disminución de la aislación térmica de los materiales** que constituyen muros y techos, debido a que el coeficiente de conductividad térmica aumenta cuando los materiales se humedecen, principalmente en aquellos de constitución porosa donde el aire en los orificios es reemplazado por agua que posee una conductividad térmica 22 veces mayor que el del aire. Este aumento en la conductividad depende principalmente del tipo de clima como se representa en la tabla 6.2.1.2. [27]

Esta modificación en la conductividad térmica de los materiales, genera que exista una disminución en la aislación térmica de los elementos perimetrales de la envolvente térmica, ocasionando en la práctica que complejos de muro y techumbre no cumplan con la normativa térmica de la OGUC en su artículo 4.1.10, aunque teóricamente no sea así debido a que para la determinación de la aislación necesaria para los distintos complejos se considera los valores de conductividad térmica de los materiales que constituyen la envolvente térmica en estado seco según indica NCh850, de mejores propiedades aislantes. [27]

Tabla N° 6.2.1.1.: “Índices de humedad para las distintas zonas climático habitacional”

Zona Climático Habitacional	Ciudades	Clima seco	Clima normal	Clima húmedo
Norte Litoral	Iquique	-	75	-
	La Serena	-	-	80
Norte Desértico	Calama	35	-	-
Norte Valle Transversal	Copiapó	-	60	-
	Ovalle	-	75	-
Central Litoral	Valparaíso	-	78	-
	Constitución	-	-	85
Central Interior	Santiago	-	79	-
	Chillán	-	-	81
Sur Litoral	Concepción	-	-	88
	Valdivia	-	-	89
Sur Interior	Traiguén	-	-	86
	Osorno	-	-	86
	Ancud	-	-	87
Sur Extremo	Aysén	-	-	90
	Punta Arenas	-	-	80
	Potrerrillos	23	-	-
Andina	El Teniente	-	61	-
	Lonquimay	-	-	82

Fuente: Revista BIT (57), aislamiento térmico-Humedad en elementos envolventes

Tabla N° 6.2.1.2.: “Aumento de la conductividad térmica dependiendo tipo de clima”

Material	Clima seco	Clima templado	Clima húmedo
Hormigón	40%	70%	100%
Ladrillo	20%	45%	65%
Madera	16%	19%	25%

Fuente: Revista BIT (57), aislamiento térmico-Humedad en elementos envolventes

Por lo tanto, el aumento de la conductividad térmica en los materiales dependerá del tipo de material y del clima donde se ubique la vivienda. En general hay que tomar medidas y proteger los materiales de construcción en climas donde sea preponderante la humedad o las fuertes lluvias acompañada de vientos superiores a los 2 m/s, por lo tanto las zonas climático habitacionales más expuestas son las costeras cuya humedad relativa superiores a al 80%; y aquellas con inviernos fuertes como la zona centro interior.

Algunas medidas para de paliar la humedad en los materiales constituyentes de la envolvente térmica de la vivienda se detallan a continuación:

- Uso de aleros o techos que eviten que las lluvias azoten directamente los muros perimetrales de las viviendas.
- Utilizar revestimientos exteriores impermeables que eviten la penetración de agua a la envolvente, como lo son revestimientos impermeables PVC, pinturas, estucos especiales, sellantes, membranas, entre otras soluciones presentes en el mercado.
- Colocar recubrimientos o protecciones contra la lluvia del tipo sobrepuestos que dejan un espacio entre muro y protección que facilitan la circulación de aire similar al tinglado de madera usado en el sur de Chile. [28]
- Realizar adecuadamente los traslapes tanto en muros como en techos de los revestimientos exteriores, ya sea de las planchas de zinc, tejuelas, revestimientos de PVC, etc.
- Utilizar barreras de vapor que impidan la condensación de los materiales de construcción que disminuye su capacidad aislante. Estas barreras deben quedar expuestas hacia el lado con mayor temperatura (zona caliente) ya que disminuyen el paso de vapor a través de ella y así evita la condensación del material aislante. Para

que estas barreras funcionen deben ser continuas y de existir traslapes estos deben ser sellados y se debe verificar que la permeabilidad al vapor de agua de la barrera este comprendida entre los 10 y 230 [MN*s/g], según la NCh852. [6]

- Realizar regularmente una mantención a la fachada exterior de la vivienda.
- Almacenar adecuadamente los materiales de construcción antes de ser utilizados, siguiendo las instrucciones de almacenamiento entregadas por el fabricante.

Condensaciones superficiales

Otro problema que genera la humedad es la ***condensación superficial***, que se produce principalmente cuando la humedad relativa del aire es alta y a su vez la temperatura superficial de los muros, losas, ventanas u otros componentes de la envolvente térmica es baja con respecto a la temperatura del aire al interior de la vivienda. Esto genera que el vapor de agua se condense sobre las superficies interiores de la envolvente. [25]

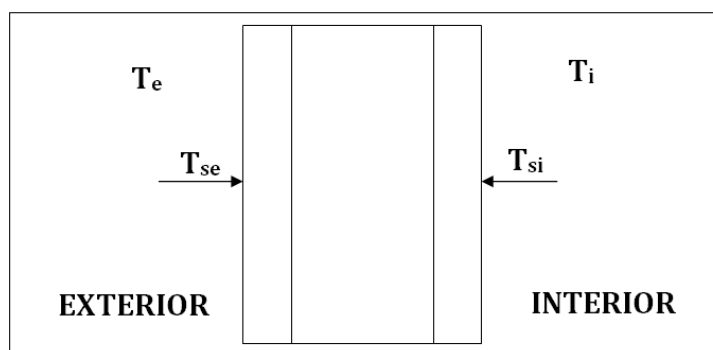
La fórmula que rige este comportamiento es la siguiente:

$$T_{si} = T_i - R_{si} \cdot U(T_i - T_e) \text{ (Ecuación 6.2.1.)}$$

Y cuando la temperatura superficial interior del T_{si} es inferior a la temperatura de saturación del aire se produce la condensación sobre esa superficie.

Este fenómeno se debe a diversos factores como son:

- Bajo aislamiento térmico de los elementos envolventes;
- existencia de puentes térmicos;
- temperatura exterior baja;
- generación exceso de vapor de agua al interior de la vivienda;
- falta renovaciones de aire;
- entre otros.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6.2.1.1: Tipos de temperatura en un muro

Tabla N° 6.2.1.3.: “Humedad de saturación del aire en gH_2O/m^3 , según temperatura”

°C	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
g/m^3	3,37	3,64	3,92	4,22	4,55	4,89	5,23	5,94	5,98	6,39
°C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
g/m^3	6,82	7,28	7,76	8,28	8,82	9,39	10,01	10,64	11,32	12,03
°C	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
g/m^3	12,8	13,59	14,43	15,31	16,25	17,22	18,25	19,33	20,48	21,64
°C	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
g/m^3	22,93	24,24	25,64	27,09	28,62	30,21	31,89	33,64	35,48	37,40

Fuente: Revista BIT (60), Aislamiento térmico-Humedad en materiales

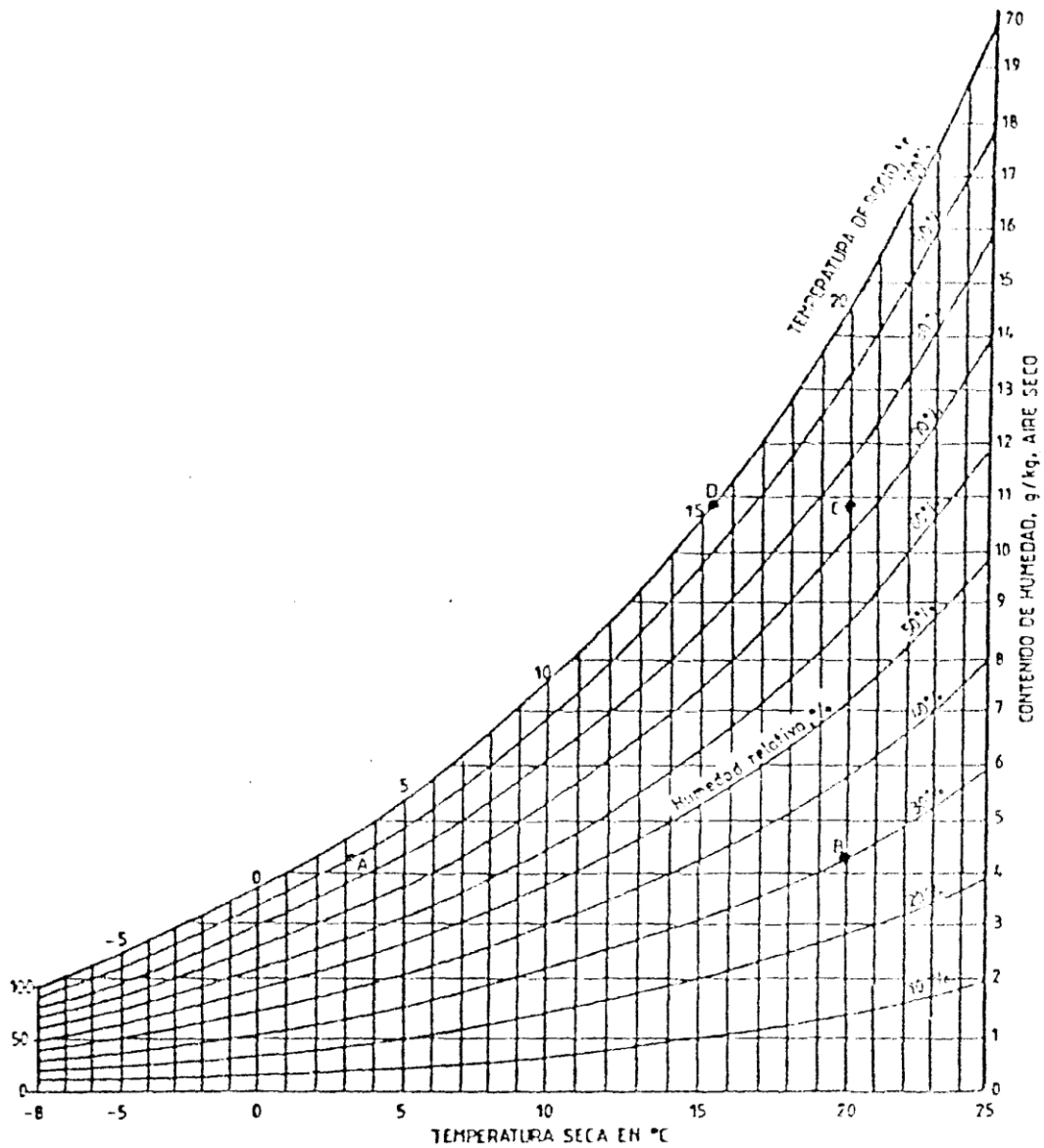


Figura 6.2.1.2: Ábaco psicrométrico [25]

Algunas de las medidas para evitar o reducir efectos de condensaciones:

- Mejorar la aislación de la envolvente térmica de la vivienda, ya sea a través de la incorporación de nuevos materiales o aumentando el espesor de los existentes, ya que mejorando la aislación disminuye el flujo de calor entre el interior y el exterior debido a que la temperatura superficial interior T_{si} aumenta disminuyendo la diferencia entre la T_i y T_{si} .

- Reducir la humedad del ambiente interior, a través de correctas renovaciones de aire del ambiente interior y evitando fuentes de vapor de agua excesivas o innecesarias, de no poder evitarlas utilizar una adecuada ventilación que permita que el vapor de agua no se concentre al interior de la vivienda, como por ejemplo secado de ropa al interior de la vivienda o colocar la tetera hirviendo sobre la estufa.
- Uso de calefacción equilibrada térmicamente en todos los locales del edificio, para que no exista gran diferencia de temperatura entre una habitación y otra dentro de la vivienda, ya que la humedad generada en habitaciones ocupadas y cálidas tiende a depositarse en las desocupadas y frías.
- Evitar los puentes térmicos, o sea que el aislante térmico no sea interrumpido por algún elemento u otro material de bajas propiedades aislantes, para ello una buena medida es colocar aislación térmica exterior en muros y especialmente en el caso del complejo techumbre instalar adecuadamente el material aislante, ya que a veces este queda sobrepuesto sobre la estructura montante como muestra la figura 6.2.1.3.
- Tener precaución con puentes térmicos que tengan una muy baja resistencia térmica y por lo tanto su temperatura superficial más baja, en estos casos suele ser más grave porque la condensación se concentra en una superficie muy pequeña y son mayores los efectos perjudiciales.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6.2.1.3.: Aislación térmica puesta erróneamente en cielo



Fuente: Elaboración propia

Figura 6.2.1.4.: Puentes térmicos a través de perfiles de aluminio

En general las zonas climático habitacionales donde las viviendas están más expuestas a sufrir de condensaciones son aquellos que se caracterizan por bajas temperaturas (CI, SL, SI, SE), pero además esto debe ir acompañado por una fuente interior de vapor de agua lo cual dependerá del uso que se le dé a la vivienda por parte de sus moradores.

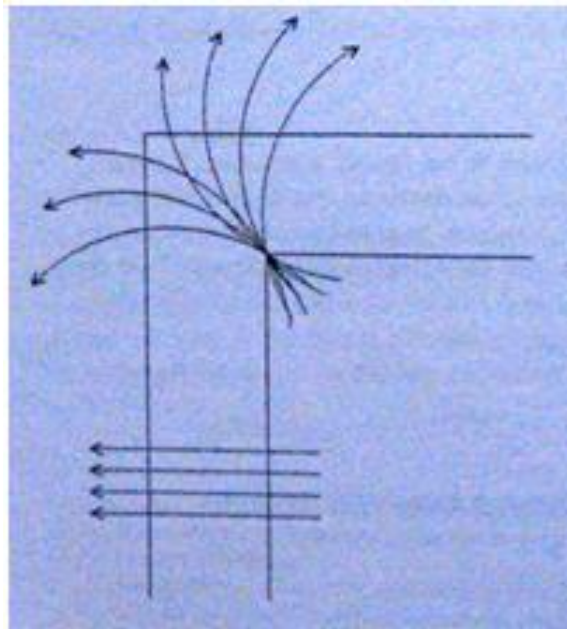
Puentes térmicos [11]

En la envolvente de la vivienda existen puntos de discontinuidad térmica, donde la temperatura superficial interior en condiciones de invierno es menor que la del resto de la envolvente. Estos puentes térmicos pueden ser causados por:

- Disminución significativa del espesor de las capas de la envolvente
- Disminución de la resistencia térmica de la envolvente
- Mayor superficie exterior de la envolvente en comparación con la capa inferior (una esquina), ya que mientras que por un fragmento de superficie interior se produce una salida de líneas de flujo hacia una superficie exterior equivalente, en la esquina por una línea interior se produce la salida de líneas de flujo correspondientes a la superficie exterior de la esquina. La proporción en el segundo caso es muy desfavorable, produciéndose una deformación según se acerca a la esquina, reduciéndose su temperatura superficial.

Estos puntos generan problemas en la habitabilidad en la vivienda, ya que a través de ellos se producen pérdidas muy rápidas de calor generando gastos extras en calefacción, pérdida de bienestar de sus moradores y riesgo de condensación en estas zonas. La condensación es más peligrosa cuando la envolvente se encuentra muy aislado con respecto a los puentes térmicos, ya que la diferencia de temperatura entre la envolvente y el puente térmico es mucho mayor que cuando la aislación no es muy grande comparada con los puntos de aislación.

La principal solución a problemas de puentes térmicos es la aislación térmica exterior.



Fuente: Javier Neila y César Bedoya

Figura 6.2.1.5.: Salida de líneas de flujo en distintas posiciones.

6.3. APROVECHAMIENTO DE ENERGIA GRATUITA

En este capítulo se analizará el caso de la radiación solar en elementos verticales de la envolvente térmica, como lo son los muros y superficies vidriadas. Para cada uno de los casos se analizará como se realiza la captación de energía a través de estos elementos de manera de aprovecharla al interior de la vivienda.

6.3.1. Inercia térmica

Generalmente las viviendas ven afectadas por variaciones climáticas externas (día-noche, invierno-verano) y por condiciones interiores (apertura-cierre ventanas, encendido-apagado de sistemas de acondicionamiento), que generan alteraciones de la temperatura al interior de la vivienda y para obtener condiciones de confort se debe recurrir a métodos de acondicionamiento que generan gastos de energía. Por este motivo, al contar la vivienda con una gran inercia térmica le entrega **estabilidad térmica** a la vivienda, ya que la temperatura interior fluctúa levemente dentro de los parámetros de confort y sin tener consumos excesivos de energía convencional.

La inercia térmica de una vivienda es la dificultad que ofrece un cuerpo a cambiar su temperatura y se obtiene cuantificando la masa térmica. [11]

La masa térmica se define como el producto entre el volumen, la densidad y el calor específico. Debido a que el calor específico de los materiales que constituyen la envolvente térmica varía poco, los elementos con mayor masa, ya sea debido a volumen o densidad, son los que determinan una mayor inercia térmica.

$$m_t = V \cdot \rho \cdot Ce \text{ (Ecuación 6.3.1.1.)}$$

Tabla N° 6.3.1.: “Calor específico para diversos materiales de construcción”

<i>Material</i>	<i>Ce [kcal/(kg*K)]</i>	<i>Ce[kj/(kg*K)]</i>
Arena	0,20	0,84
Concreto	0,21	0,88
Fibrocemento	0,20	0,84
Hormigón Celular	0,38	1,60
Ladrillo	0,20	0,84
Madera	0,30 – 0,70	1,25 -2,93
Suelo	0,19	0,80
Vidrio	0,20	0,84

Fuente: CDT, Aislación térmica exterior-Manual de diseño para soluciones en edificaciones

La inercia térmica tiene una relación directa con la acumulación de energía, elementos con mucha inercia, almacenan mucha energía. Este almacén de energía protege el interior de la vivienda de fluctuaciones de temperaturas al exterior, ya que por ejemplo una disminución brusca de temperatura exterior, antes de enfriarse el ambiente interior de la vivienda toma la energía guardada en los elementos de la envolvente de la vivienda. Debido a que la temperatura exterior al cabo de un tiempo vuelve a subir o el muro recibe nuevamente radiación solar, antes que en el interior se note el efecto se habrán recargado de energía la envolvente. La capacidad de almacenar calor de un muro está dada por la siguiente expresión.

$$Q = V \cdot \rho \cdot \Delta T = m_i \cdot \Delta T \text{ (Ecuación 6.3.1.2.)}$$

Donde, ΔT corresponde a la temperatura media en un cierto lugar e intervalo de tiempo.

Elementos masivos no significa que entreguen estabilidad térmica a la vivienda, debido a que no todos los elementos tienen la misma facilidad para cargarse de energía, ya que por ejemplo un fluido se carga mejor de energía porque lo hace por convección utilizando la totalidad de su masa para ello. En cambio un sólido tiene que calentarse por conducción, que es un mecanismo más lento, y que establece un gradiente térmico.

En la actualidad, el uso de un material aislante en los cerramientos es el responsable de la poca inercia, ya que se coloca cerca del ambiente interior, lo que reduce drásticamente la aportación como acumulador de los elementos exteriores, que suelen ser los que aportan la mayor inercia

térmica. Para que un elemento aporte su inercia a la estabilidad térmica de la vivienda es necesario que este situado dentro de ella, elemento divisorio de ambientes interiores, donde no se producirá el gradiente pero su calentamiento será más lento. Sin embargo si se trata de un cerramiento exterior, se producirá gradiente y su masa debe estar en contacto directo con el ambiente interior, es decir un cerramiento sin aislar o con el aislamiento por el exterior.

La fluctuación de temperatura diaria tiene forma sinusoidal, la cual hay que aprovechar adecuadamente en beneficio de la vivienda para utilizar esa energía almacenada en los muros al interior de la vivienda cuando esta lo requiera. Para ello hay que generar un desfase en la entrega de la energía al interior de la vivienda para cuando se necesite, este desfase dependerá de la inercia térmica que tenga el muro, ya un elemento de la envolvente de una vivienda, constituido por una serie de capas almacena parte del calor que incide sobre la capa exterior del elemento en esta capa y el remanente pasa a la segunda capa, almacenándose en esta; el remanente, a su vez, pasa a la capa siguiente y así sucesivamente hasta alcanzar la capa en contacto con el aire interior.

El aprovechamiento de la inercia térmica dependerá de las características térmicas del lugar. A partir de información obtenida de la NCh1079 del 2008, se obtienen datos de temperaturas medias máximas y mínimas para las zonas en estudio y se obtienen los siguientes gráficos.

VARIACION TEMPERATURA CALAMA

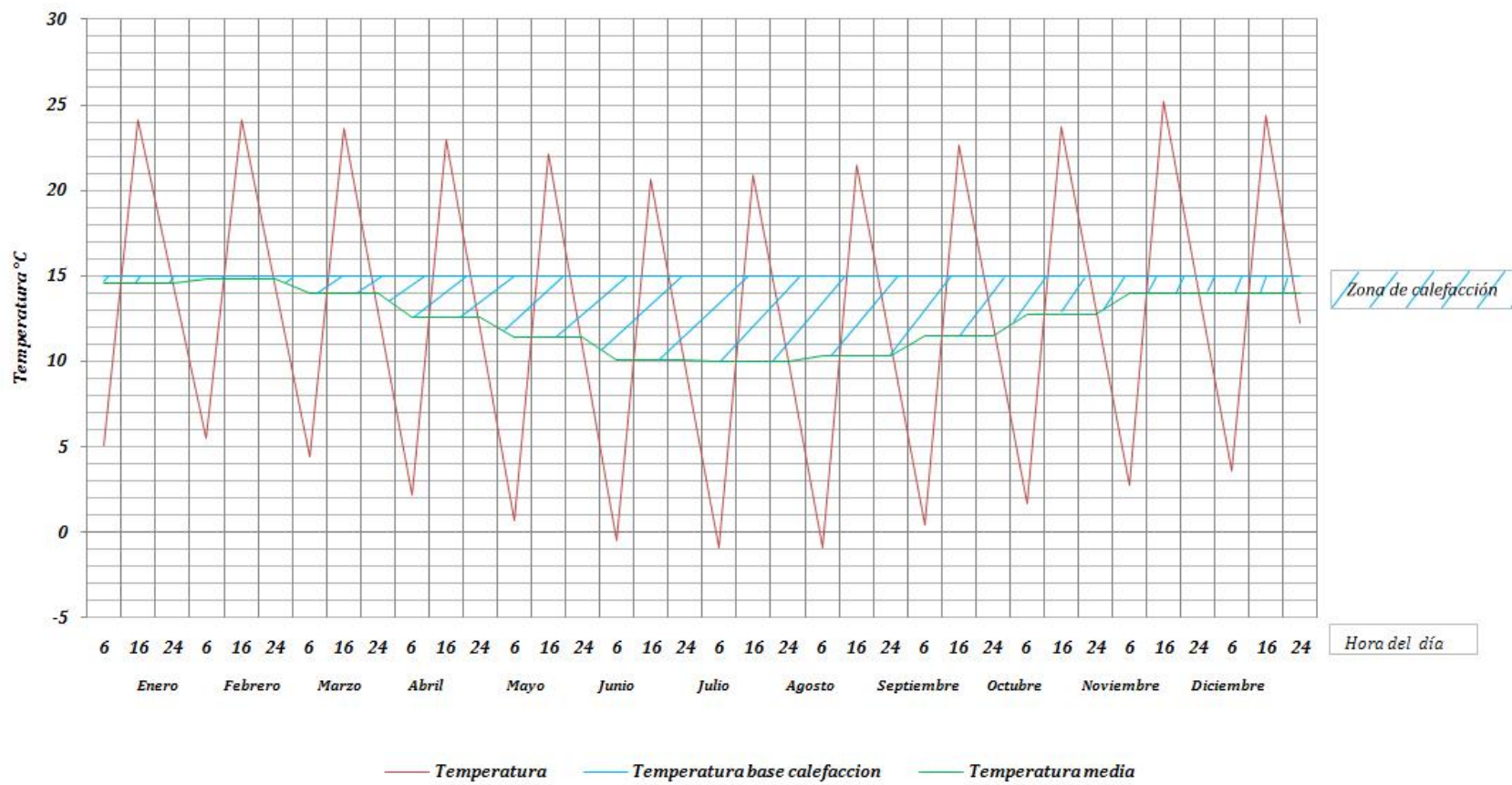


Figura 6.3.1.1.: Variación de temperatura en Calama

VARIACION TEMPERATURA SANTIAGO

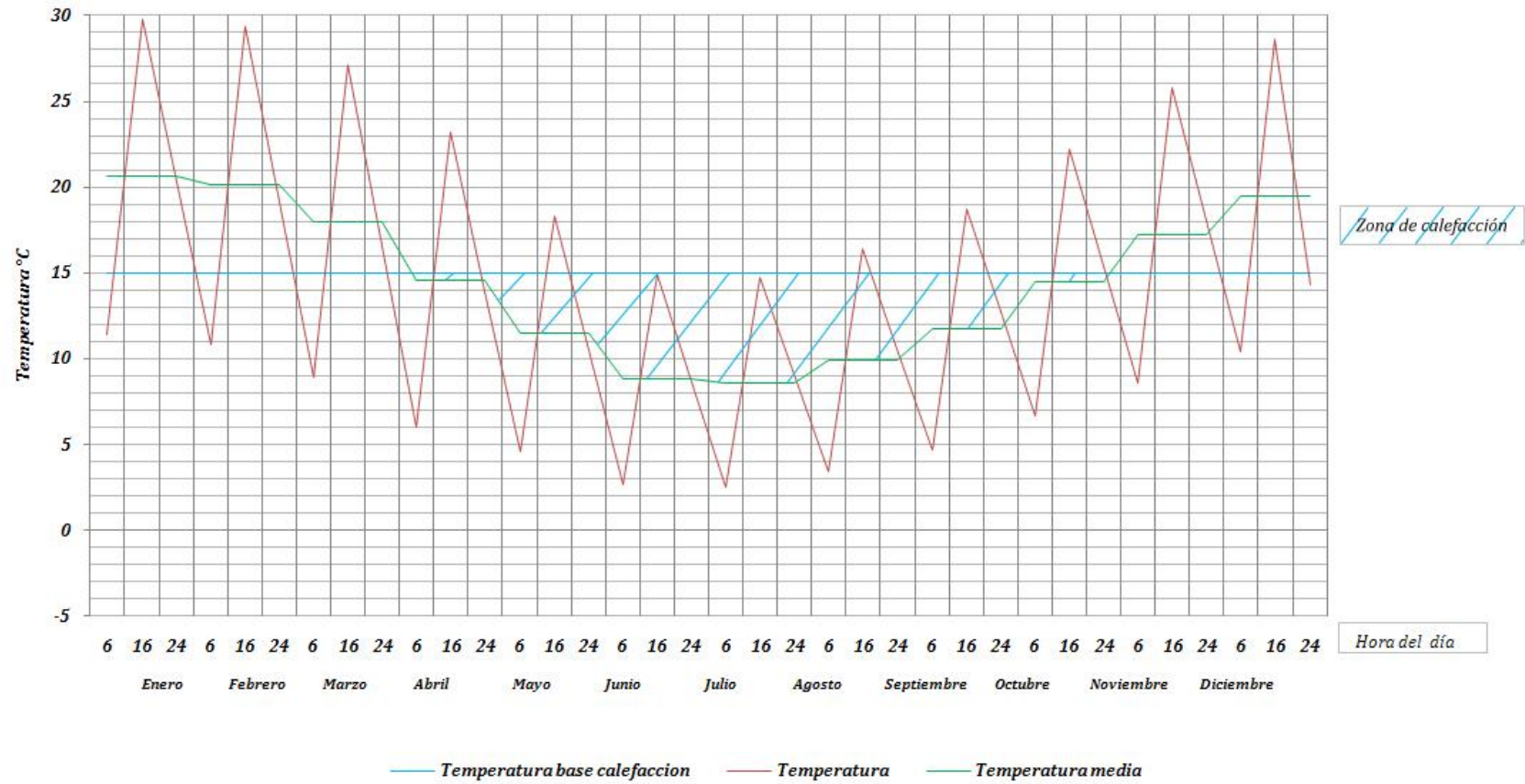


Figura 6.3.1.2.: Variación de temperatura en Santiago

VARIACION TEMPERATURA CONCEPCION

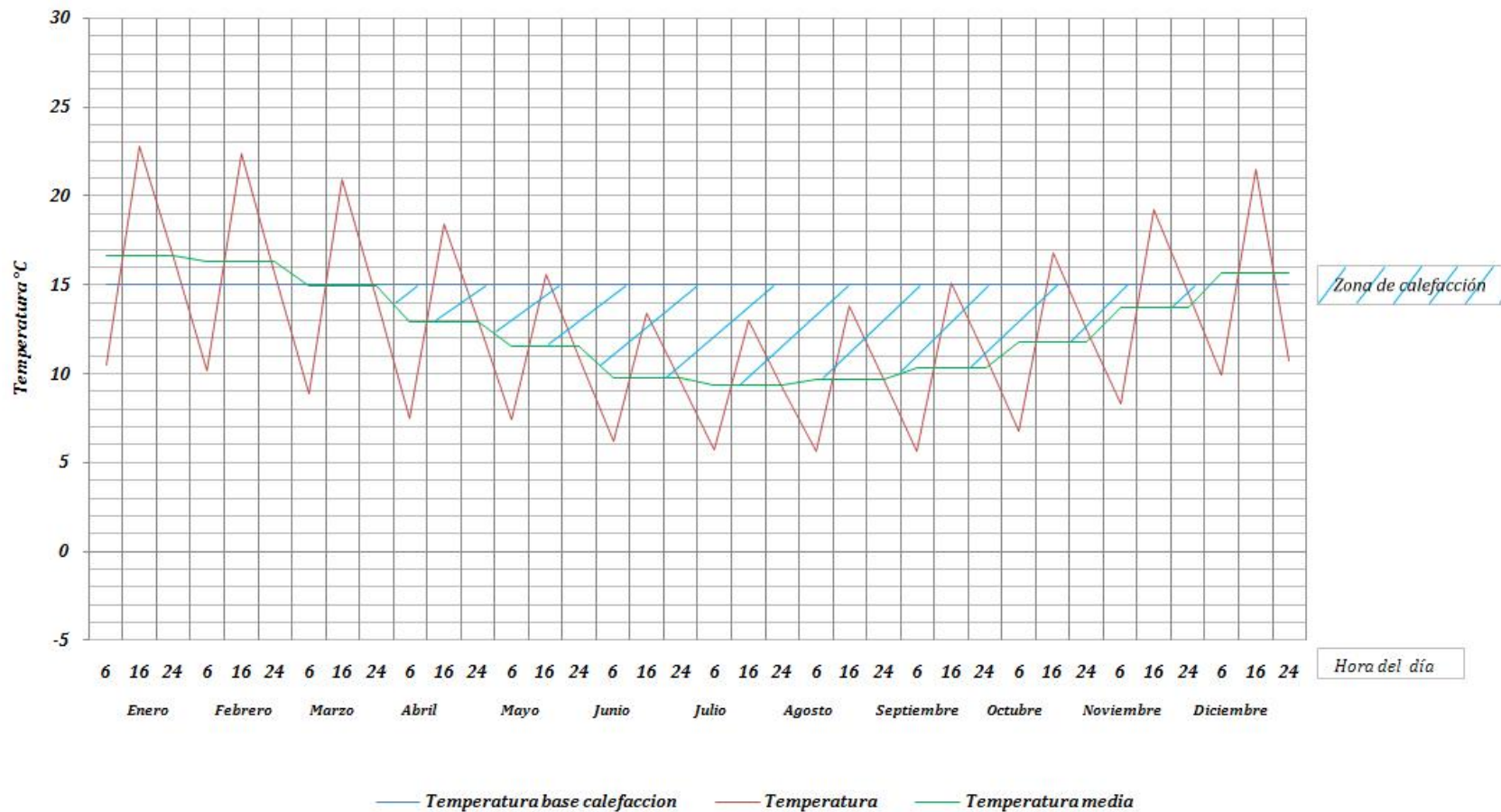


Figura 6.3.1.3.: Variación de temperatura en Concepción

Se observa de los gráficos anteriores, que en las ciudades en estudio las viviendas tienen principalmente necesidades de calefacción más que de refrigeración. Esto se debe a que las necesidades de refrigeración sólo se dan en la ciudad de Santiago en los meses de verano. En cambio las necesidades de calefacción se dan en todas las ciudades en estudio y en algunas situaciones la temperatura diaria se encuentra varios grados por debajo de los 15°C, temperatura bajo la cual se debe considerar calefaccionar una vivienda para cumplir condiciones de confort térmico. Esto se concluye al ver que la temperatura diaria durante el año es menor a 15°C, en cambio es poco el tiempo en que la temperatura es superior a los 28°C, temperatura para comenzar a refrigerar el interior de la vivienda.

Calama tiene las condiciones adecuadas para el aprovechamiento de la inercia térmica, ya que la temperaturas se mantienen estables durante el año pero las variaciones entre el día y la noche son cercanas a los 20°C, lo que hace que durante el día se acumule energía en los muros de la vivienda y durante la noche esta energía la ceda al interior de la vivienda, de manera que la temperatura al interior de la vivienda fluctúe sólo levemente de manera de ofrecer bienestar a sus moradores y evitar consumos excesivos de energía convencional.

Por otro lado, tanto para las ciudades de Santiago y Concepción existe variación anual de temperatura pero la variación de diaria es bastante menor que en la ciudad de Calama, aproximadamente 10°C de oscilación diaria en Concepción y Santiago, pero en Santiago la oscilación es mayor en los meses de verano cercana a los 16°C. En estas ciudades no es muy conveniente el aprovechamiento de la inercia térmica, debido a que existen fuertes variaciones anuales de temperatura y además la oscilación diaria es muy pequeña, excepto en Santiago en los meses de verano donde se aprovecharía para refrigerar.

Una de las principalmente medidas para evitar la captación de energía solar en periodos de verano es recomendable utilizar acabados claros a las fachadas de la vivienda, ya que estos acabados tienen un coeficiente de absorción de la radiación solar es baja, en cambio los colores oscuros tiene valores muy altos, incluso acabados metálicos mayor reflectancia.

6.3.2. *Energía solar*

El sol es una de las principales fuentes de energía presente en la naturaleza y que entrega energía limpia. Chile es uno de los países con mejores condiciones de radiación solar existentes, pero el aprovechamiento de este tipo de energía no es tema que se haya masificado en Chile.

La energía solar se puede aprovechar de dos formas diferentes, el calor acumulado se puede utilizar de manera directa o a través de la generación de energía eléctrica. Estas dos formas de aprovechamiento determinan los dos tipos de energía solar: energía solar térmica y energía solar fotovoltaica. Dentro de la energía solar térmica se puede diferenciar la energía solar activa y pasiva, ya que la primera utiliza elementos mecánicos para conseguir el efecto térmico en cambio la segunda no.

Energía solar térmica pasiva

La energía solar térmica pasiva consiste en el aprovechamiento en forma directa de la energía solar, de manera que se capta, almacena y distribuye en forma natural, sin necesidad de sistemas mecánicos ni aporte externo de energía.

A los sistemas pasivos se le pueden integrar colectores de aire, uso de paredes internas como muros acumuladores de calor y la aplicación de ventiladores, que permiten aumentar la eficacia de los sistemas pasivos, conocidos como ***híbridos***, ya que utilizan ciertos sistemas mecánicos activos.

Energía solar térmica activa

La energía solar térmica activa utiliza tecnologías para transformar la energía solar en calor utilizable, para producir corrientes de aire para ventilación o refrigeración o para almacenar el calor para uso futuro, todo ello por medio de equipamientos mecánicos o eléctricos tales como bombas y ventiladores.

La obtención directa de energía solar requiere dispositivos artificiales llamados colectores solares, diseñados para recoger energía, a veces después de concentrar los rayos del sol. Una vez

recogida la energía, se emplea en procesos térmicos o fotoeléctricos, o fotovoltaicos. En los procesos térmicos, la energía solar se utiliza para calentar un gas o un líquido que luego se almacena o se distribuye. Los colectores solares pueden ser de dos tipos principales: los de placa plana y los de concentración.

Energía fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se basa en el efecto fotovoltaico que transforma la energía solar en energía eléctrica por medio de células solares. Esta transformación se produce sin mecanismos móviles, sin ciclos termodinámicos y sin reacciones químicas, se podría afirmar que es una de las energías renovables con más proyección de futuro por su sencillez técnica.

Las células solares están elaboradas a base de silicio puro, material cristalino semiconductor, con adición de impurezas de ciertos elementos químicos; dispositivos sólidos excitables al recibir la luz solar y que son capaces de generar pequeñas cantidades de electricidad debido al flujo de electrones del interior de los materiales y la diferencia de potencial. Las células reaccionan tanto con luz solar directa como con luz difusa por lo que pueden seguir produciendo electricidad en días nublados.

Actualmente existen dos formas de utilización de la energía fotovoltaica, el ***autoconsumo*** y la ***integración en la red***. Donde en el autoconsumo la instalación es un elemento no conectado a la red pública y sirve para abastecer a una vivienda aislada utilizándose la producción eléctrica, en cambio en la integración en la red eléctrica, como claramente lo indica su nombre la instalación solar se conecta a la red eléctrica pública permitiendo esta conexión el intercambio de energía con la red eléctrica con la aportación de excesos a la misma y su utilización en períodos de menor producción.

En general la energía solar se caracteriza por ser una energía limpia, ya que el impacto ambiental que genera es mínimo, además para ser aprovechada en una vivienda de manera térmica o eléctrica, no se requiere que en el diseño inicial de la vivienda este incorporado el uso de este tipo de energía, ya que se puede instalar con facilidad posteriormente a la construcción de la vivienda.

Tanto la energía solar activa y como la fotovoltaica requieren del uso de diversas tecnologías que en la actualidad tienen un alto costo en el mercado, lo que no las hace rentable de utilizar en

recintos habitacionales. Por el contrario la energía solar pasiva no tiene este problema, ya que no requiere de la implementación de tecnologías ni de energía adicional para funcionar, lo que la hace una energía de muy bajo impacto al medio ambiente y nulo costo de implementación, por este motivo se utilizará la energía solar pasiva.

Determinación de la irradiancia para las ciudades en estudio

La energía solar captada por unidad de superficie vidriada al interior de la vivienda durante el día, se obtiene de las aportaciones solares en superficies acristaladas obtenidos del Manual de aire acondicionado (Anexo C) y los gráficos de trayectoria solar para las ciudades en estudio (Anexo D) que permiten determinar las horas de sol para cada una de las fachadas en las ciudades en estudio.

Los valores de irradiancia para las distintas épocas del año y ciudades se detallan en la tabla 6.3.2.1.

Tabla N° 6.3.2.1.: “Aportaciones solares kWh/m² por día para distintas épocas y ciudades”

<i>Fecha</i>	<i>Orientación</i>	<i>Calama</i>	<i>Santiago</i>	<i>Concepción</i>
22-Dic	<i>S</i>	0,98	0,40	0,32
	<i>SE</i>	2,02	1,64	1,55
	<i>E</i>	2,25	2,28	2,27
	<i>NE</i>	1,04	1,47	1,60
	<i>N</i>	0,00	0,46	0,62
	<i>NO</i>	0,99	1,38	1,49
	<i>O</i>	2,01	1,96	1,94
	<i>SO</i>	1,78	1,35	1,24
21-Ene 21-Nov	<i>S</i>	0,58	0,25	0,22
	<i>SE</i>	1,80	1,49	1,42
	<i>E</i>	2,26	2,27	2,27
	<i>NE</i>	1,24	1,66	1,79
	<i>N</i>	0,17	0,67	0,90
	<i>NO</i>	1,17	1,55	1,67
	<i>O</i>	2,04	1,98	1,96
	<i>SO</i>	1,60	1,23	1,15
20-Feb 23-Oct	<i>S</i>	0,11	0,04	0,04
	<i>SE</i>	1,35	1,07	1,00
	<i>E</i>	2,21	2,16	2,14
	<i>NE</i>	1,74	2,13	2,24
	<i>N</i>	0,64	1,41	1,65
	<i>NO</i>	1,70	2,05	2,15
	<i>O</i>	2,08	1,97	1,94
	<i>SO</i>	1,25	0,94	0,86
22-Mar 22-Sep	<i>S</i>	0,00	0,00	0,00
	<i>SE</i>	0,79	0,59	0,50
	<i>E</i>	1,95	1,81	1,76
	<i>NE</i>	2,13	2,39	2,47
	<i>N</i>	1,56	2,26	2,46
	<i>NO</i>	2,18	2,44	2,51
	<i>O</i>	2,00	1,86	1,81
	<i>SO</i>	0,84	0,64	0,55
20-Abr 24-Ago	<i>S</i>	0,00	0,00	0,00
	<i>SE</i>	0,39	0,26	0,24
	<i>E</i>	1,74	1,51	1,46
	<i>NE</i>	2,57	2,60	2,59
	<i>N</i>	2,77	3,27	3,33
	<i>NO</i>	2,52	2,55	2,53
	<i>O</i>	1,68	1,44	1,39
	<i>SO</i>	0,39	0,26	0,23
21-May 23-Jul	<i>S</i>	0,00	0,00	0,00
	<i>SE</i>	0,17	0,07	0,05
	<i>E</i>	1,46	1,11	1,03
	<i>NE</i>	2,71	2,53	2,47
	<i>N</i>	3,48	3,51	3,45
	<i>NO</i>	2,63	2,51	2,46
	<i>O</i>	1,39	1,09	1,03
	<i>SO</i>	0,17	0,08	0,07
21-Jun	<i>S</i>	0,00	0,00	0,00
	<i>SE</i>	0,10	0,02	0,02
	<i>E</i>	1,30	0,93	0,87
	<i>NE</i>	2,72	2,45	2,37
	<i>N</i>	3,68	3,47	3,35
	<i>NO</i>	2,65	2,42	2,32
	<i>O</i>	1,23	0,92	0,84
	<i>SO</i>	0,11	0,05	0,04

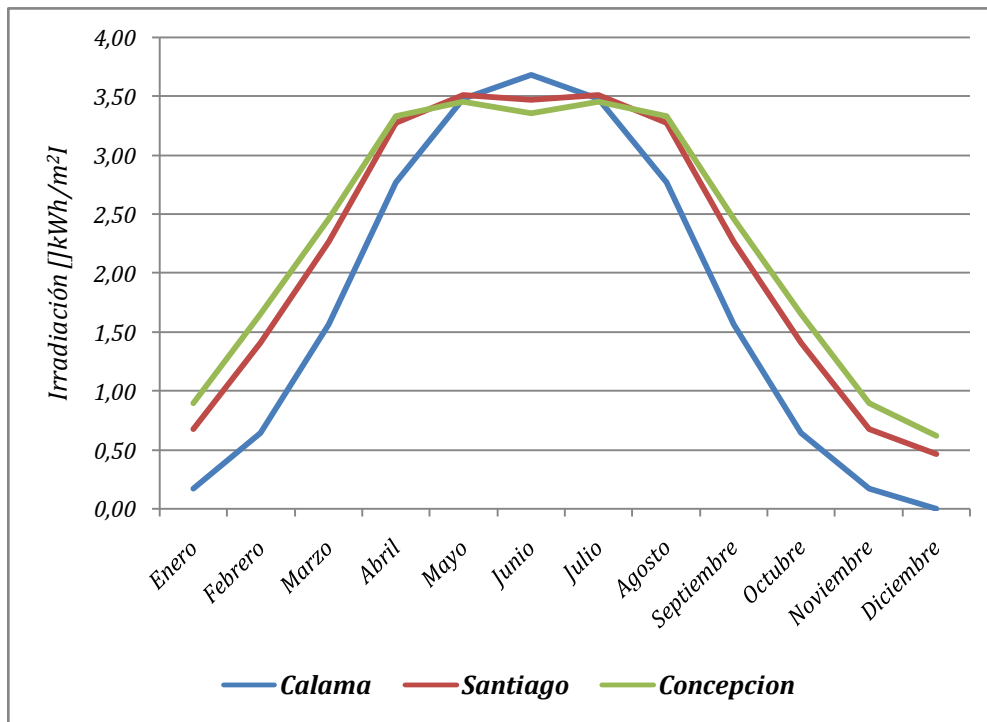


Figura 6.3.2.1.: Irradiación diaria fachada norte para determinadas fechas del año

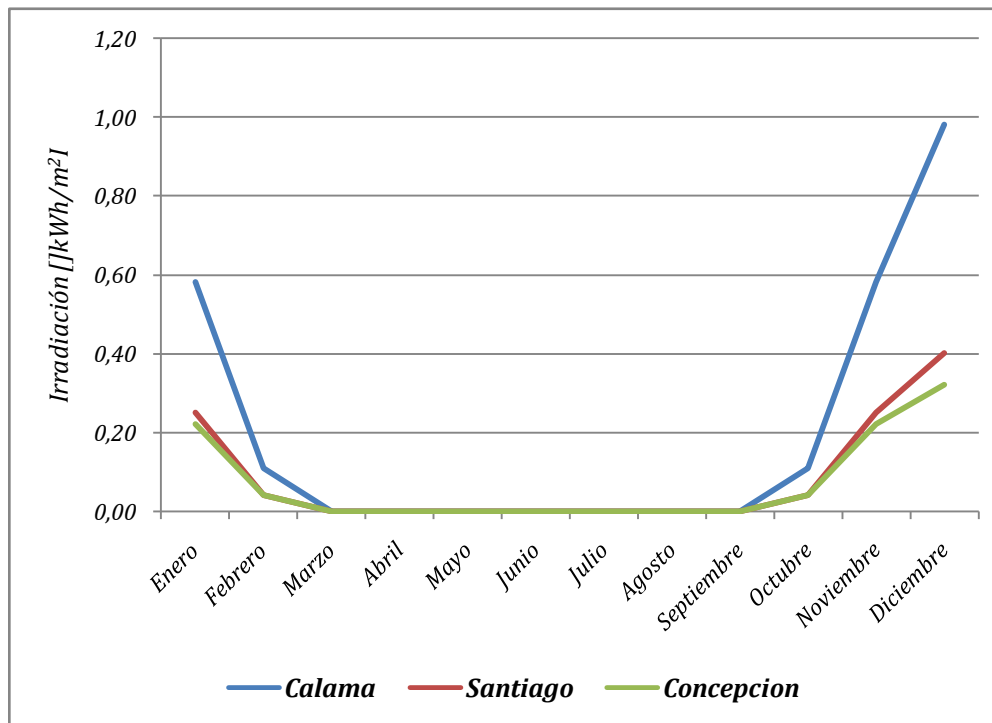


Figura 6.3.2.2.: Irradiación diaria fachada sur para determinadas fechas del año

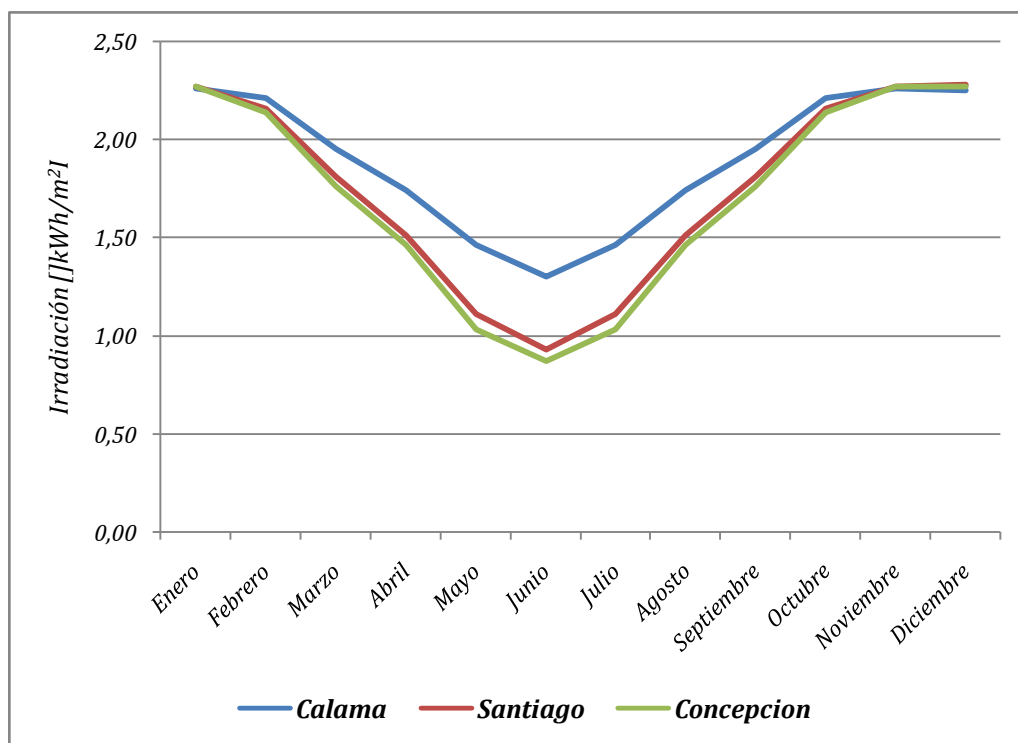


Figura 6.3.2.3.: Irradiación diaria fachada este para determinadas fechas del año

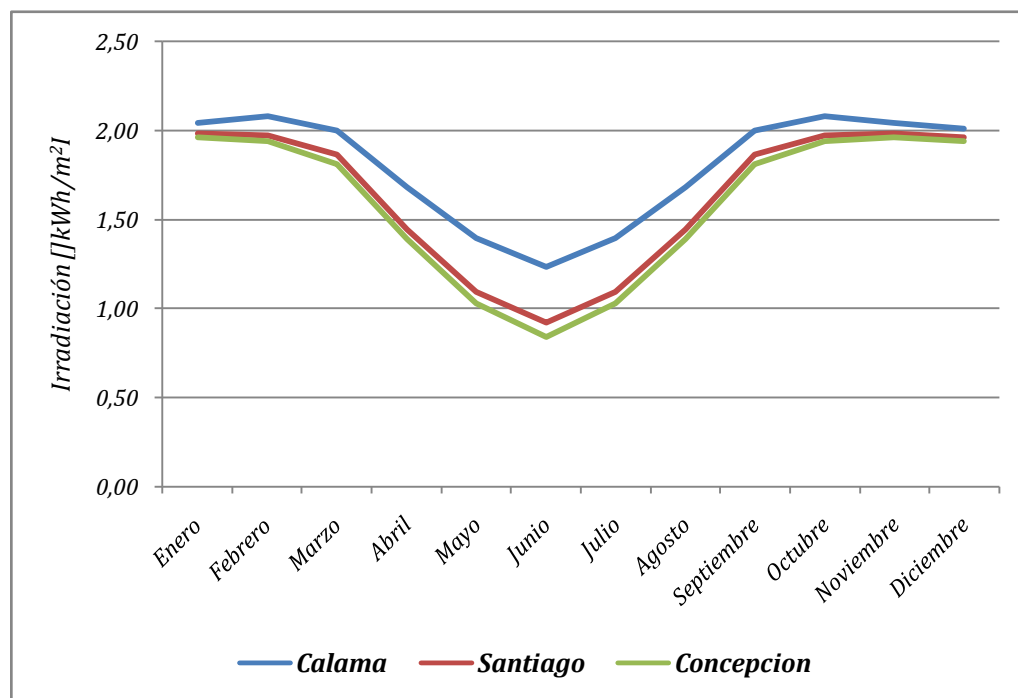


Figura 6.3.2.4.: Irradiación diaria fachada oeste para determinadas fechas del año

Graficando los resultados de aportaciones solares para las distintas ciudades, se observa que las orientaciones norte alcanzan sus mayores valores de irradiación en los meses de invierno y los mínimos en verano, caso inverso ocurre para las orientaciones sur. Por este motivo, si la intención es aprovechar esta energía en la vivienda se debe dar una orientación norte a la fachada de la vivienda que mayor superficie vidriada, permite captar energía en invierno y evitar en verano, ya que los valores de irradiación son más bajos. Con respecto a las orientaciones este y oeste se tiene que los valores más altos de irradiación se producen en verano, por lo que no es una buena orientación para las superficies vidriadas, ya que requeriría de un sistema acondicionador para la vivienda en época de verano.

De la tabla 6.3.2.1., se observa que existen diferencias en los valores de aportaciones solares para distintas épocas del año, ya que los rayos solares tienen distinta inclinación sobre la superficie terrestre. En invierno, cuando los rayos solares son más necesarios, éstos caen más inclinados sobre la superficie terrestre, lo que favorece la captación de la energía solar a través de los muros y las ventanas verticales. En cambio en verano, cuando las temperaturas son altas que se hace necesario evitar que la radiación solar llegue al interior de la casa, los rayos solares llegan menos inclinados a las superficies verticales aportando menos energía a la vivienda.

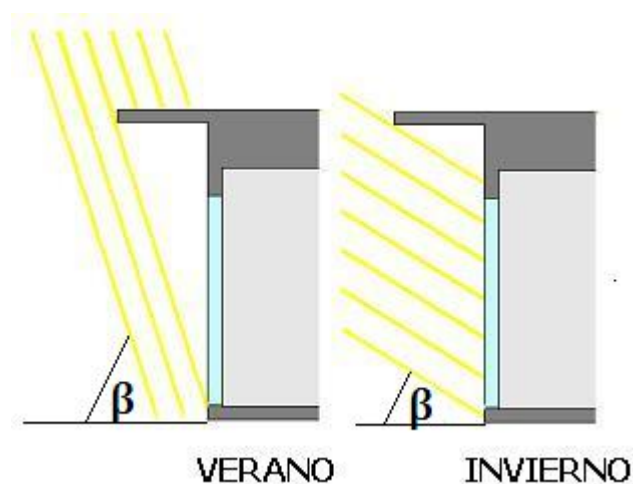


Figura 6.3.2.5.: Inclinación de los rayos solares en distintas estaciones

Para determinar los meses que se requiere calefacción en las ciudades de Calama, Santiago y Concepción, se considera que la temperatura confort al interior de la vivienda se encuentra entre los 18°C y 24°C, para temperaturas menores a 18°C se requiere calefacción dentro de la vivienda, pero considerando los aportes internos de que se generan dentro de la vivienda que ayudan a que la temperatura mínima para calefaccionar disminuya en 3°C quedando en 15 °C la temperatura mínima de calefacción debido al aporte de materiales electrodomésticos, el aporte de las personas residentes de la vivienda, entre otros. Con este criterio y utilizando la temperatura media mensual para las ciudades en estudio se consideró como meses de calefacción aquellos en que la temperatura es inferior a 15 °C.

Tabla N° 6.3.2.4.: “Meses de calefacción y nubosidad para las distintas ciudades”

<i>Ciudad</i>	<i>Meses de calefacción</i>	<i>Nubosidad</i>	<i>Despejado</i>
Calama	Febrero a Diciembre	19%	82%
Santiago	Abril a Octubre	59%	41%
Concepción	Marzo a Noviembre	62%	38%

Tabla N° 6.3.2.5.: “Aportaciones solares kWh/m² por orientación considerando 100% despejado”

<i>Orientación</i>	<i>Calama</i>	<i>Santiago</i>	<i>Concepción</i>
<i>S</i>	54,2	1,4	7,8
<i>SE</i>	281,0	71,6	122,8
<i>E</i>	623,3	310,0	420,9
<i>NE</i>	708,4	526,8	656,7
<i>N</i>	633,5	632,1	745,7
<i>NO</i>	695,5	520,6	646,7
<i>O</i>	593,6	300,3	403,3
<i>SO</i>	265,4	70,2	114,0

Los valores presentados anteriormente corresponden a una situación donde se considera una atmósfera limpia, o sea sin considerar que existe nubosidad, por lo que considerando este factor se reduce el valor de irradiación lo que queda reflejado en la siguiente tabla.

Tabla N° 6.3.2.6.: “Aportaciones solares kWh/m² por orientación considerando % nubosidad”

Orientación	Calama	Santiago	Concepción
S	44	1	3
SE	229	29	47
E	508	127	160
NE	577	216	250
N	516	259	283
NO	567	213	246
O	484	123	153
SO	216	29	43

De la observación de la radiación por fachadas se observa que las fachadas N, NE y NO presentan los valores más altos, lo cual es lo esperable, ya que para lograr un óptimo aprovechamiento del sol incidente a lo largo del día las ventanas se deben tener una orientación hacia el Ecuador. En el resto de fachadas se disponen pocas ventanas y pequeñas para evitar que se pierda el calor por ellas. Por otro lado los valores más bajos se obtienen en las orientaciones S-SE y SO.

Los valores de radiación en la ciudad de Calama para las distintas orientaciones superan los valores de las ciudades de Santiago y Concepción en casi un 100%, de manera que Calama cuenta con una mayor fuente de energía solar, lo que hace pensar en utilizarla en la generación de energía eléctrica o térmica.

Orientación óptima de las viviendas en estudio

Posteriormente, analizando las viviendas en estudio se procede a darle distintas orientaciones a las fachadas de las viviendas, de manera de obtener las combinaciones óptimas para el aprovechamiento de energía.

En general hay que buscar la combinación que considere las fachadas que reciban mayor radiación con los valores mayores de superficies vidriadas si se desea obtener un aprovechamiento óptimo de la energía solar.

A continuación se muestra la tabla 6.3.2.7. que resume las orientaciones que generan valores máximos y mínimos de energía para los distintos tipos de viviendas y ciudades, obtenidos de diversas combinaciones contenidas en el Anexo F.

Tabla N° 6.3.2.7.: “Cuadro resumen de orientaciones óptimas de las viviendas en estudio”

			AREA [m ²]			(ENERGÍA [kWh*año]; ORIENTACIÓN)						
			Pc	Lt		Pt	Calama		Santiago		Concepción	
				Max	Min		Max	Min	Max	Min		
VIVIENDA	2 PISOS	Pareada	4,27	0,31	4,90	(4.701; E)	(2.570; N)	(1.312; S)	(1.148; N)	(1.522; E)	(1.273; N)	
		Continua	4,27	-	4,90	(4.559; O)	(2.424; N)	(1.273; S)	(1.111; S)	(1.439; O)	(1.226; N)	
	1 PISO	Aislada	4,02	1,5 5	3,14	4,02	(5.676; N)	(4.559; N)	(1.820; E)	(1.402; NO)	(2.153; E)	(1.699; NO)
DEPTO		B	7,49	3,84	-	(6.500; NE)	(2.187; S)	(2.437; NE)	(328; SO)	(2.812; NE)	(504; SO)	
		D	7,49	-	-	(4325; NE)	(331; S)	(1.941; N)	(4; S)	(2.123; N)	(22; S)	

Pc: vista principal, Lt: vista lateral; Pt: vista posterior

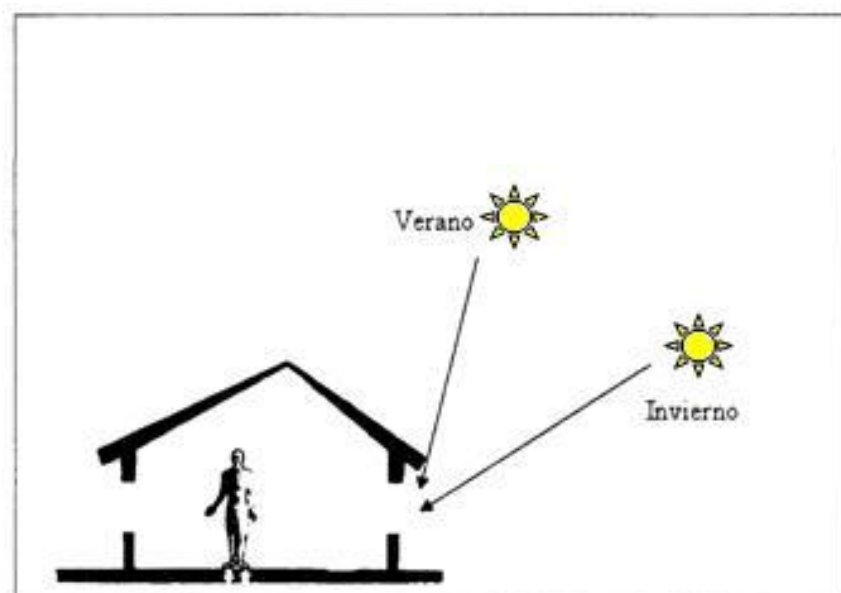
Efecto invernadero

Es importante considerar que la utilización de muchas superficies vidriadas puede ser perjudicial para mantener las condiciones de confort dentro de la vivienda, ya que se puede producir el efecto invernadero, el que se produce cuando ingresa demasiada radiación al interior de la vivienda y este calor queda atrapado dentro de ella.

Como se puede observar las figuras 6.3.2.3. y 6.3.2.4.(irradiación este y oeste), en verano las orientaciones que reciben mayor radiación solar son las este y oeste, por lo tanto en nuestro país estas son las fachadas que hay que proteger de la radiación excesiva y evitar el efecto invernadero. Para controlar la radiación solar que entra por las superficies vidriadas se pueden implementar las siguientes acciones:

- Orientación óptima de la ventana, la orientación norte permite captar en invierno y evitar en verano.
- Sombreadero el que permite restringir el ingreso de radiación solar en la vivienda en épocas de verano y no así en invierno. Se deben implementar en la fachada este y oeste de la estructura, su longitud dependerá de la ubicación de la vivienda y la altura de sus ventanas.

- Protección solar, ya sean fijos o móviles permitirán un comportamiento más flexible de la superficie acristalada. Algunos de ellos son aleros en ventanas, persianas (madera, aluminio, PVC) y contraventanas (aleros) Para impedir que estos rayos solares lleguen y calienten el interior de la casa se colocan unos aleros o cornisas que aprovechando la mayor perpendicularidad de los rayos solares en verano los retienen pero que permiten que pasen en invierno cuando son más inclinados.
- Tipo de vidrio, es más condicionante, ya que cristales reflexivos reducen el ingreso no deseado de la carga solar hasta en un 80%. [26]



Fuente: Cristóbal Olmedo, Necesidades de calefacción de una vivienda experimental estructurada en madera para la zona de Santiago

Figura 6.3.2.6.: Esquema de las cualidades de un sombreadero

CAPITULO 7: EVALUACION CUANTITATIVA DEL AHORRO ENERGETICO EN LAS VIVIENDAS

7.1. APOORTE DE ENERGÍA SOLAR A LA DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS ENERGÉTICAS POR ENVOLVENTE TÉRMICA

Para la determinación del ahorro energético que se produce al interior de las viviendas, se deben considerar las ganancias y pérdidas de energía que ésta tiene.

A partir de la información obtenida en los capítulos 5 y 6 se determina cuantitativamente el ahorro energético que tienen las viviendas analizadas para las zonas climático habitacionales estudiadas, donde se considera como ganancias el aprovechamiento de la energía solar que entra por las superficies acristaladas verticales y como pérdidas aquellas que ocurren a través de la envolvente térmica de la vivienda.

Respecto a las pérdidas a través de la envolvente, se analizó tres casos de aislación:

- Primer caso, información obtenida a partir de las especificaciones técnicas.
- Segundo caso, los complejos cumplen con las exigencias de la normativa térmica.
- Tercer caso, los complejos cumplen sobre un 30% las exigencias de la normativa térmica.

Tabla N° 7.1.: “Ganancias solares para las viviendas en estudio”

Ciudades	GANANCIA SOLAR [kWh*año]				
	Vivienda 2 pisos		Vivienda 1 piso	Departamento	
	<i>Pareada</i>	<i>Continua</i>	<i>Aislada</i>	<i>B</i>	<i>D</i>
<i>Calama</i>	4701	4559	5676	6500	4325
<i>Santiago</i>	1312	1273	1820	2437	1941
<i>Concepción</i>	1522	1439	2153	2812	2123

De esta tabla se observa que los mayores aportes de ganancias solares se obtienen en la ciudad de Calama ubicada en la zona norte desértica, los cuales superan en más de un 100% las otras zonas estudiadas.

A continuación se detallan las pérdidas energéticas de cada una de las viviendas en estudio, además se muestra el porcentaje en que disminuyen estas pérdidas si se aprovecha la energía solar estudiada en la tabla 7.1.

Tabla N° 7.2.: “Pérdidas y ahorro energético para vivienda de 2 pisos”

PERDIDAS POR LA ENVOLVENTE [kWh*año]						
	Aislación inicial		Aislación normativa		Aislación sobre 30%	
	<i>Pareada</i>	<i>Continua</i>	<i>Pareada</i>	<i>Continua</i>	<i>Pareada</i>	<i>Continua</i>
<i>Calama</i>	7876	6761	7782	6638	6919	6638
<i>Santiago</i>	6264	5396	6873	5700	6003	5700
<i>Concepción</i>	10275	9043	10310	8955	9385	8955
AHORRO ENERGETICO [%]						
<i>Calama</i>	60	67	60	69	68	69
<i>Santiago</i>	21	24	19	22	22	22
<i>Concepción</i>	15	16	15	16	16	16

Tabla N° 7.3.: “Pérdidas y ahorro energético para vivienda de 1 piso”

PERDIDAS POR LA ENVOLVENTE [kWh*año]			
	Aislación inicial	Aislación normativa	Aislación sobre 30%
	<i>Aislada</i>	<i>Aislada</i>	<i>Aislada</i>
<i>Calama</i>	9611	9514	8465
<i>Santiago</i>	9432	8223	7141
<i>Concepción</i>	11682	12528	11475
AHORRO ENERGETICO [%]			
<i>Calama</i>	59	60	67
<i>Santiago</i>	19	22	25
<i>Concepción</i>	18	17	19

Tabla N° 7.4.: “Pérdidas y ahorro energético para departamento”

PERDIDAS POR LA ENVOLVENTE [kWh*año]						
	Aislación inicial		Aislación normativa		Aislación sobre 30%	
	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>
<i>Calama</i>	4906	3920	5441	4138	5183	4033
<i>Santiago</i>	3708	2639	4063	2783	3724	2645
<i>Concepción</i>	6569	5424	6757	5501	6436	5370
AHORRO ENERGETICO [%]						
<i>Calama</i>	132	110	119	105	125	107
<i>Santiago</i>	66	74	60	70	65	73
<i>Concepción</i>	43	39	42	39	44	40

B: departamento con 2 fachadas expuestas, D: departamento con 1 fachada expuesta

7.2. USO DE CALEFACCIÓN: EFECTO EN LA ECONOMÍA DE UNA FAMILIA

Es importante entender cómo afectan las pérdidas energéticas a través de la envolvente en el presupuesto de una familia promedio (4 integrantes) que vive con el sueldo de 200.000 pesos.

Para este análisis se considera el uso de dos fuentes de energía no renovables para calefaccionar la vivienda, basado en la generación de calor a través de la electricidad y el uso de kerosene.

Considerando que 1kWh de energía eléctrica tiene un costo aproximado de 90 pesos (Chilectra, Marzo 2009) y una estufa a kerosene entrega 1kWh por 47 pesos (ENAP, Junio 2009), se determina para cada uno de los casos, el porcentaje de dinero que una familia promedio en estudio invierte en calefacción al año.

Tabla N° 7.5.: “Gasto de dinero en calefacción en vivienda de 2 pisos”

<i>Ciudades</i>	Aislación inicial		Aislación normativa		Aislación sobre 30%	
	<i>Pareada</i>	<i>Continua</i>	<i>Pareada</i>	<i>Continua</i>	<i>Pareada</i>	<i>Continua</i>
GASTO DINERO POR USO ENERGÍA ELÉCTRICA [%]						
<i>Calama</i>	30	25	29	25	26	25
<i>Santiago</i>	23	20	26	21	23	21
<i>Concepción</i>	39	34	39	34	35	34
GASTO DINERO POR USO DE KEROSENE [%]						
<i>Calama</i>	15	13	15	13	14	13
<i>Santiago</i>	12	11	13	11	12	11
<i>Concepción</i>	20	18	20	18	18	18

Tabla N° 7.6.: “Gasto de dinero en calefacción en vivienda de 1 piso”

<i>Ciudades</i>	Aislación inicial	Aislación normativa	Aislación sobre 30%
	<i>Aislada</i>	<i>Aislada</i>	<i>Aislada</i>
GASTO DINERO POR USO ENERGÍA ELÉCTRICA [%]			
<i>Calama</i>	36	36	32
<i>Santiago</i>	35	31	27
<i>Concepción</i>	44	47	43
GASTO DINERO POR USO DE KEROSENE [%]			
<i>Calama</i>	19	19	17
<i>Santiago</i>	18	16	14
<i>Concepción</i>	23	25	22

Tabla N° 7.7.: “Gasto de dinero en calefacción en departamento”

<i>Ciudades</i>	Aislación inicial		Aislación normativa		Aislación sobre 30%	
	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>
GASTO DINERO POR USO ENERGÍA ELÉCTRICA [%]						
<i>Calama</i>	18	15	20	16	19	15
<i>Santiago</i>	14	10	15	10	14	10
<i>Concepción</i>	25	20	25	21	24	20
GASTO DINERO POR USO DE KEROSENE [%]						
<i>Calama</i>	10	8	11	8	10	8
<i>Santiago</i>	7	5	8	5	7	5
<i>Concepción</i>	13	11	13	11	13	11

Desde el punto de vista económico, si la familia promedio utiliza electricidad para calefaccionar la vivienda, invierte anualmente en calefacción el doble de dinero que si utilizara kerosene.

Comparando el porcentaje del sueldo que pierden los moradores de las viviendas en estudio debido a pérdidas a través de la envolvente, se puede observar que las menores pérdidas se producen en los departamentos, donde se utiliza a lo sumo un 20% del sueldo para calefaccionar (energía eléctrica) el interior de la vivienda y las diferencias de gasto de dinero entre los departamentos con una fachada D y con dos fachadas expuestas B es aproximadamente un 5%, donde claramente el departamento con 1 fachada tiene pérdidas menores.

Con respecto a las viviendas de dos pisos que tienen una superficie construida y materialidad similar a las viviendas de un piso, se obtienen diferencias de aproximadamente un 10% entre la vivienda de 2 pisos continua y la vivienda aislada de 1 piso, siendo claramente más conveniente la primera, ya que posee solo 2 caras expuestas al exterior versus 4 caras.

En general, todas las viviendas estudiadas se caracterizan por tener mayores pérdidas por la envolvente aquellas que se ubican en zonas térmicas que requieren de un mayor número de grados día de calefacción durante el año. Lo que se corrobora, ya que en todos los casos las viviendas en Calama obtuvieron menores pérdidas (GD-anual=700) en cambio la ciudad de Concepción obtuvo los mayores valores (GD-anual=1250).

CAPITULO 8: DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

8.1. DISCUSIONES

1. La orientación de las superficies acristaladas ha adquirido importancia para el morador de una vivienda, el cuál busca de manera intrínseca el aprovechamiento de la energía que el sol puede aportar al interior de la vivienda, ya sea para aprovechar al máximo la luz natural en habitaciones de uso común durante el día, como para mantener cierto nivel de confortabilidad al interior de la vivienda.
2. De manera inherente el ser humano busca la comodidad en la vivienda, y si no lo logra invertirá en sistemas de acondicionamiento que se lo entreguen. Por lo tanto, antes de pensar en calentar o enfriar una vivienda hay que buscar la manera en que la envolvente térmica de la vivienda proteja a sus moradores del flujo de calor que se produce entre el ambiente interior y exterior de la vivienda.
3. La radiación solar que se alcanza en superficies horizontales es superior a la obtenida en las verticales, además mientras esta última tiene sus valores máximos en invierno la otra los tiene en verano debido a la inclinación que inciden los rayos solares en la superficie terrestre. El desierto chileno, donde se ubica la zona norte desértica, se caracteriza por tener los más altos índices de radiación solar del mundo y posee las condiciones adecuadas para el aprovechamiento de esta energía especialmente en superficies horizontales, donde casi todo el año existe una atmósfera limpia y la radiación media supera los 5 kWh/m² diarios.
4. La radiación en superficies verticales, a pesar que la energía obtenida de manera pasiva en la zona norte desértica a veces duplica las pérdidas energéticas por la envolvente, no es recomendable el aprovechamiento de ésta a través de superficies acristaladas, pero sí lo es en superficies opacas (muros). Esto ocurre porque se busca aprovechar la gran oscilación diaria de temperatura que caracteriza a esta zona durante todo el año, de manera de almacenar la energía en los parámetros verticales en el día para utilizarla durante la noche. En cambio en superficies vidriadas la transferencia de calor a la vivienda es casi instantánea, lo que puede generar un sobrecalentamiento del interior de ella, llevando al uso de sistemas de refrigeración para mantener el confort térmico dentro de la vivienda.

5. De las viviendas unifamiliares estudiadas, vivienda de 2 pisos y vivienda de 1 piso, de similar superficie construida, es preferible la vivienda de dos pisos que la de un piso, ya que ambas tendrán similar gasto a través de la envolvente, pero la vivienda de 2 pisos ocupará una superficie de la mitad de la de dos pisos, siendo más barata por requerir menor superficies de suelo y la superficie construida será similar. Además dependiendo si la vivienda es pareada, continua o aislada, existirán diferencias en las pérdidas a través de la envolvente, por ejemplo la vivienda aislada estudiada en la zona norte desértica tiene diferencia de un 15% con la pareada y de 30% con la continua, esto se debe a que a medida que las superficies expuestas son menores, menores serán las pérdidas energéticas.
6. Respecto a los departamentos, al momento de comprar un departamento se debe considerar la ubicación de este dentro del edificio, ya que si se encuentra en el último piso y además en una esquina tendrá dos muros y la techumbre expuesta a que haya flujo térmico a través de aquellos complejos si no existe una adecuada aislación de ellos. En cambio un departamento ubicado en medio de dos departamentos sólo tendrá expuesta una de sus fachadas reduciendo sus pérdidas por envolvente.
7. Al momento de diseñar algún sistema de protección de fachadas de los rayos solares directos, se debe conocer si existe nubosidad y a qué horas del día se produce, de modo de proteger aquellas fachadas en que la radiación directa es preponderante por sobre la difusa. A modo de ejemplo si se desea proteger la fachada este de los rayos de sol de la mañana en la zona norte litoral, en realidad no va a ser necesario, ya que sé que durante las mañanas esta zona climático habitacional está nublada por lo tanto los rayos solares directos disminuyen pero aumenta la radiación difusa.

8.2. CONCLUSIONES

1. Antes de enfriar una vivienda, hay que evitar que ingrese excesiva energía a ella de modo que este no se sobrecaliente. El uso de sistemas de aire acondicionado en las viviendas generalmente se debe a un mal diseño del recinto (orientación) y al abuso de superficies vidriadas. Actualmente la tendencia es utilizar indiscriminadamente superficies acristaladas, especialmente en edificios, y además si estas superficies tienen una orientación oeste sin utilizar ningún sistema de protección de la fachada, se genera una acumulación de energía dentro del recinto de manera que este necesite refrigeración.
2. Para aprovechar de manera óptima la energía solar que ingresa a través de los acristalamientos de la vivienda, se recomienda darle una orientación norte o las relacionadas con ella como noreste y noroeste, a las fachadas que cuenten con mayor porcentaje de superficies vidriadas. Esto ocurre porque estas orientaciones son las únicas que presentan sus mayores valores de radiación en invierno que es cuando se requiere de energía adicional para calefaccionar y los menores valores en verano donde se evita esta energía.
3. En las zonas centro interior y sur litoral, la energía solar que se obtiene en superficies verticales acristaladas no alcanza ni a la mitad que las de la zona norte desértica, pero aunque el aporte en energía sea bajo se recomienda su uso de manera pasiva en la vivienda y para el calentamiento de agua, ya que ambas poseen valores similares de radiación tanto en superficies verticales y horizontales.
4. Es imperante aprovechar la energía solar en la zona desértica de Chile, ya sea para transformarla en energía térmica a través de paneles solares y cubrir necesidades de agua caliente en las viviendas, o sino para la generación de energía eléctrica a través del uso de celdas fotovoltaicas que permitirían satisfacer las necesidades de electricidad de poblados que no tienen acceso al Sistema Interconectado de Norte Grande (SIG) o para ser utilizada en industrias del norte que cuentan con los recursos para hacer la gran inversión inicial que este tipo de energía no convencional requiere.
5. En zonas de gran oscilación diaria de temperatura es recomendable el aprovechamiento de la inercia térmica, lo que ocurre en la zona norte desértica durante todo el año. Aquí los muros actuarán como acumuladores térmicos liberando el calor que guardaron durante el

día y cuando la temperatura del aire del interior de la vivienda baje. También actuarán en los días calurosos ya que absorberán el exceso de calor que el aire del interior de la casa pueda tener. Cuanto más grueso sean, mayor será su masa térmica y más ayudará a temperar las temperaturas en climas de extremos y a reducir los costos en calefacción. En cambio, en zonas más frías donde se requiere mayor calefacción (SL y CI) se debe contar con una buena aislación térmica que evite el flujo de calor desde el interior hacia el exterior de la vivienda en invierno, y el flujo de calor desde el exterior hacia el interior en verano.

6. Finalmente la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones al definir los valores mínimos de resistencia térmica que deben tener los distintos complejos, se debe considerar el efecto del agua en los materiales que conforman los complejos de la envolvente, ya que al existir agua aumenta la conductividad térmica de los materiales. Por lo tanto en zonas húmedas o lluviosas debiera calcularse la resistencia térmica en el estado más desfavorable, o sea considerando la humedad presente en la zona.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Comunicaciones Personales

1. PAREDES, José Manuel. Comunicación personal Ingeniero Constructora Brotec-Icafal.
2. PESCE Butrón, Valeria. Comunicación telefónico Arquitecto Serviu Antofagasta.
3. RADOVIC A., Lenka. Comunicación personal coordinadora de calidad Constructora Socovesa.
4. RODRIGUEZ Jaque, Gabriel. Comunicación personal Ingeniero del IDIEM.

Libros

5. CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. Manual de aire acondicionado. Boixareu Editores, Barcelona
6. CORPORACION DE DESARROLLO TECNOLOGICO DE LA CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION. Aislación Térmica Exterior-Manual de diseño para soluciones en edificaciones.
7. HELLMUTH Stuvan L. 43 gráficos de trayectoria solar para ciudades de Chile y Argentina.
8. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico.
9. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. Manual de Aplicación Reglamentación Térmica.
10. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
11. NEILA González, F. Javier y BEDOYA Frutos, César. Técnicas arquitectónicas y constructivas de acondicionamiento ambiental. Editorial Munilla-Lería, Madrid, España, diciembre 1997. 430 pp.

Memorias para optar al Título de Ingeniero Civil

12. ERAZO Andrade, Rodrigo Manuel. Variación de la conductividad térmica con la humedad en materiales de construcción. Profesor Guía: RODRIGUEZ, Gabriel. Estructuras y Construcción 2007.
13. MENESES Vega, José Alejandro. Ahorro de energía en viviendas: aporte y defensa solar. Profesor Guía: RODRIGUEZ, Gabriel. Estructuras y Construcción 2006.
14. OLMEDO Roa, Cristóbal Felipe. Necesidades de calefacción de una vivienda experimental estructurada en madera para la zona de Santiago. Profesor Guía: RODRIGUEZ, Gabriel. Estructuras y Construcción 2005.

Normas, revistas y publicaciones

15. CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION-HURTADO, Javier- Situación energética y medioambiente en Chile: impacto en la empresa.
16. CHAPPLE C.,Paula. Estudio técnico. Confort térmico en las viviendas. Revista BIT (61), julio 2008.
17. FARDINEZ M., Aida. Tendencias en impermeabilizantes. Adiós a las filtraciones. Revista BIT (60), mayo 2008.
18. HORN Feja, Christof. Energía solar en Chile pasado, presente y futuro, enero 2006.
19. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION INN-CHILE. Norma Chilena Oficial NCh 1079 Of. 2008. Arquitectura y construcción- Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.
20. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION INN-CHILE. Norma Chilena Oficial NCh 2251 Of. 1994. Aislación térmica-Resistencia térmica de materiales y elementos de construcción.
21. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION INN-CHILE. Norma Chilena Oficial NCh 850 Of. 1983. Aislación térmica-Método para la determinación de la conductividad térmica en estado estacionario por medio del anillo de guarda.

22. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION INN-CHILE. Norma Chilena Oficial NCh 851 Of. 1991. Aislación térmica-Determinación de coeficientes de transmisión térmica por el método de la cámara térmica.
23. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION INN-CHILE. Norma Chilena Oficial NCh 853 Of. 2007. Acondicionamiento térmico- Envoltente térmica de edificios- Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.
24. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION INN-CHILE. Norma Chilena Oficial NCh 1960 Of. 1989. Aislación térmica- Cálculo de coeficientes volumétricos globales de pérdidas térmicas.
25. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION INN-CHILE. Norma Chilena Oficial NCh 1973 Of. 1987. Aislación térmica- Cálculo del aislamiento térmico para disminuir o eliminar el riesgo de condensación superficial.
26. RETAMAL P., Pedro. Vidrios y cristales. Novedades transparentes. Revista BIT(47), marzo 2006.
27. RODRIGUEZ Jaque, Gabriel. Aislamiento térmico. Humedad en elementos envolventes. Revista BIT (57), noviembre 2007.
28. RODRIGUEZ Jaque, Gabriel. Aislamiento térmico. Humedad en materiales. Revista BIT (60), mayo 2008.
29. RODRIGUEZ Jaque, Gabriel. El clima y la construcción habitacional. Revista BIT (63), noviembre 2008.
30. RODRIGUEZ Jaque, Gabriel. El clima y la construcción habitacional II. Revista BIT (64), enero 2009.
31. RODRIGUEZ Jaque, Gabriel; ERAZO Roa, Rodrigo. Aislamiento térmico. Humedad en elementos envolventes II. Revista BIT (58), enero 2008.

Páginas de internet

32. Empresa Masisa

www.masisa.cl

33. Empresa Volcán

www.volcan.cl

34. Ministerio de Vivienda y Urbanismo

www.minvu.cl

35. Revista BIT

www.revistabit.cl

36. Servicio de Vivienda y Urbanismo

www.serviu.cl

GLOSARIO

1. Condensación: cuando la humedad relativa es mayor a 100% el aire no puede contener mas vapor porque se sobresatura depositándose el exceso en forma de agua líquida sobre las superficies frías.
2. Grado- día (GD): corresponde a la suma de las diferencia entre una temperatura base y la temperatura media del día, cuando esa temperatura media diaria se inferior a la temperatura base; si es superior o igual se computa cero.
3. Humedad absoluta de saturación: contenido de vapor de agua máximo que puede admitir el aire para una temperatura dada
4. Humedad absoluta: contenido de vapor de agua que contiene el aire y se expresa en gramos de agua por metro cúbico de aire
5. Humedad relativa: $\%HR = \frac{HA}{HA_{sat}} \cdot 100$
6. Inercia térmica: en la vivienda está asociada a la posibilidad de almacenar calor en sus componentes de construcción, pudiendo implicar efectos positivos para las condiciones de confort, tanto en periodos fríos como calurosos del año. La capacidad para un volumen determinado dependerá de la densidad(masa) y del calor específico.
7. Irradiación: energía incidente por unidad de superficie en un determinado período de tiempo y se mide en J/m².
8. Irradiancia: potencia incidente por unidad de superficie, se mide en W/m² por unidad de hora.
9. Lana mineral: material aislante de origen mineral, cuyas materias primas son las rocas basálticas y escorias de alto horno.

10. Lana de vidrio: material aislante de origen mineral, la materia prima son los vitrificantes con los que se obtiene la masa de vidrio, masa de sílice, feldespatos y vidrio craqueado.
11. Poliestireno expandido: material aislante de origen sintético, consiste en una espuma plástica, rígida de carácter termoplástico y estructura celular cerrada. La materia prima de este aislante es el poliestireno expandible, que se obtiene de la polimerización del pentano y el estireno.
12. Puente térmico: puntos singulares de la envolvente de una vivienda donde se rompe la configuración térmica general.
13. R_{100} : resistencia térmica de un material o elemento multiplicada por 100, según la NCh2251.
14. Radiación difusa: corresponde a la radiación solar dispersada por los diferentes componentes de la atmósfera
15. Radiación directa: es la radiación que corresponde al ángulo sólido limitado por el disco solar sin tener en cuenta la dispersión atmosférica
16. Radiación reflejada: es la radiación reflejada por el suelo

Razón entre la fracción molar de vapor de agua contenida en el aire húmedo y la fracción molar de vapor de agua en el aire saturado a la misma temperatura y presión, se expresa en porcentaje (se mide directamente con un higrómetro o higrógrafo e indirectamente con un psicrómetro) NCh 1079
17. Superficie construida: suma de las áreas en planta de cada piso.
18. Temperatura base: es la temperatura que se fija como parámetro para el cálculo de confort o requerimientos de calefacción
19. Temperatura confort: temperatura que se fija como parámetro para el cálculo de confort o requerimientos de calefacción.
20. Vivienda DFL-2: vivienda de menos de 140 m² construidos.

INDICE ALFABETICO

A

aislación exterior, 89, 90

C

Calor, 102
Central Interior, 36, 41, 42, 93
Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas, 22, 23
complejo, 12, 34, 35, 78, 79, 83, 88, 89, 98
Condensación, 131
Conducción, 26
Conductividad térmica, 14, 20, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58,
59, 74
Confort térmico, 128
Convección, 26

E

Efecto invernadero, 117
envolvente térmica, 11, 23, 34, 36, 40, 52, 53, 54, 55, 56,
57, 58, 59, 72, 73, 83, 85, 93, 95, 97, 101, 119

F

Flujo de calor, 15, 19, 45
Flujo térmico, 131

G

Grado- día, 131
Gráfico solar, 131, 154, 155, 156

H

Humedad absoluta, 131
Humedad absoluta de saturación, 131
Humedad relativa, 131

I

Inercia térmica, 101, 131
Irradiación, 112, 113, 131
Irradiancia, 131

L

Lana de vidrio, 20, 74, 132, 160, 161, 162, 163, 164, 165,
166, 167, 168, 169, 170, 171

Lana mineral, 74, 131, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166,
167, 168, 169, 170, 171

M

masa térmica, 101, 126
Material aislante, 19, 74

N

normativa térmica, 74, 79, 93, 119
Norte Desértica, 36, 41, 42

P

Poliestireno expandido, 20, 74, 132, 160, 161, 162, 163,
164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171
Puente térmico, 132

R

R₁₀₀, 35, 53, 55, 58, 59, 132
Radiación, 26, 27, 132
Radiación difusa, 132
Radiación directa, 132
Radiación reflejada, 132
resistencia térmica, 16, 19, 35, 43, 89, 98, 99, 126, 132

S

sombreadero, 118
Superficie construida, 40, 132
Sur Litoral, 36, 41, 42, 93

T

Temperatura base, 13, 132
Temperatura confort, 132

V

ventilación, 23, 24, 72, 85, 88, 98, 108
Vivienda DFL-2, 132

Z

Zona térmica, 33
zonas climático habitacionales, 8, 10, 36, 94, 99, 119

ANEXOS

A. PLANOS DE ZONIFICACIÓN TÉRMICA

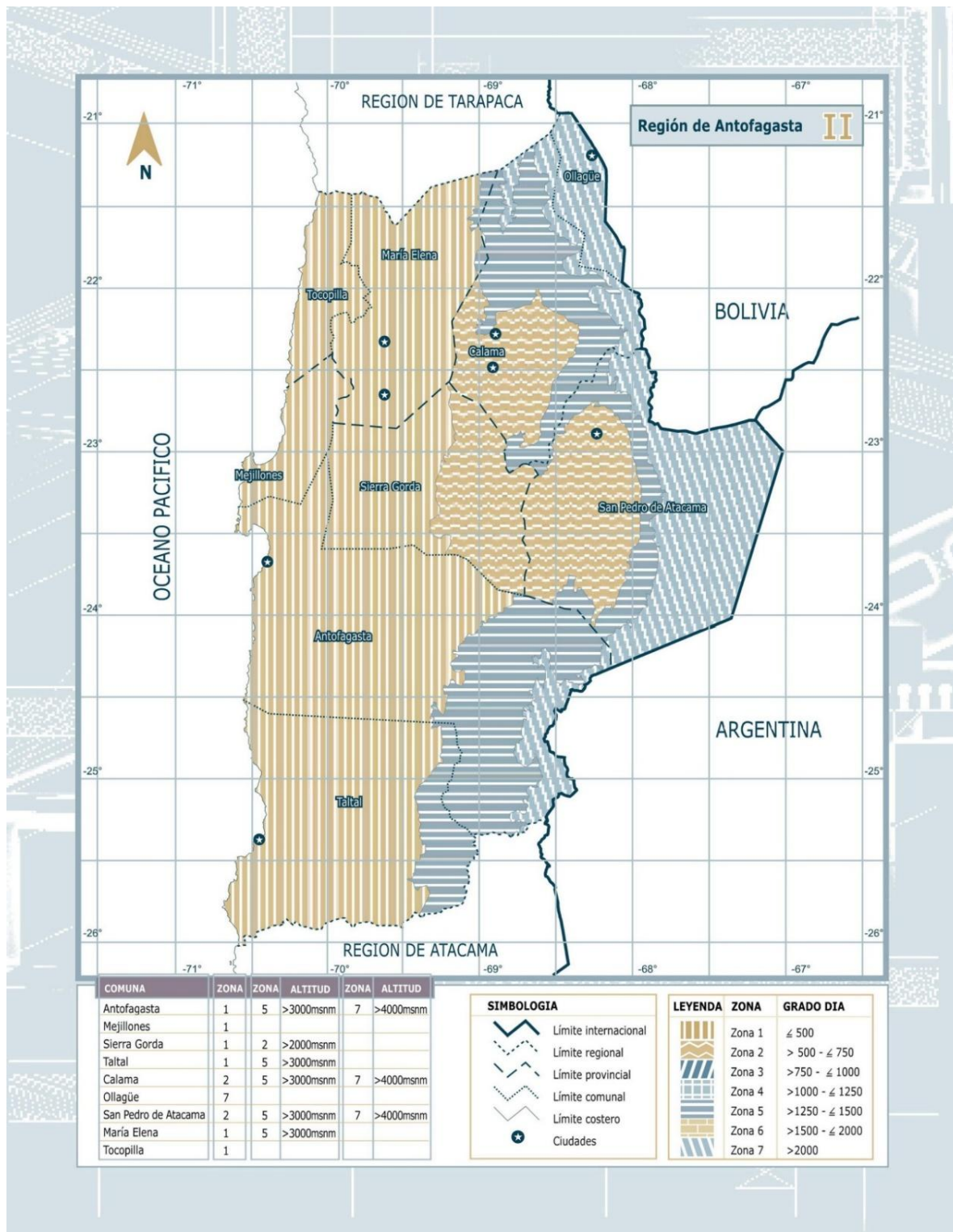


Figura A.1.: Zonificación térmica para la Región de Antofagasta

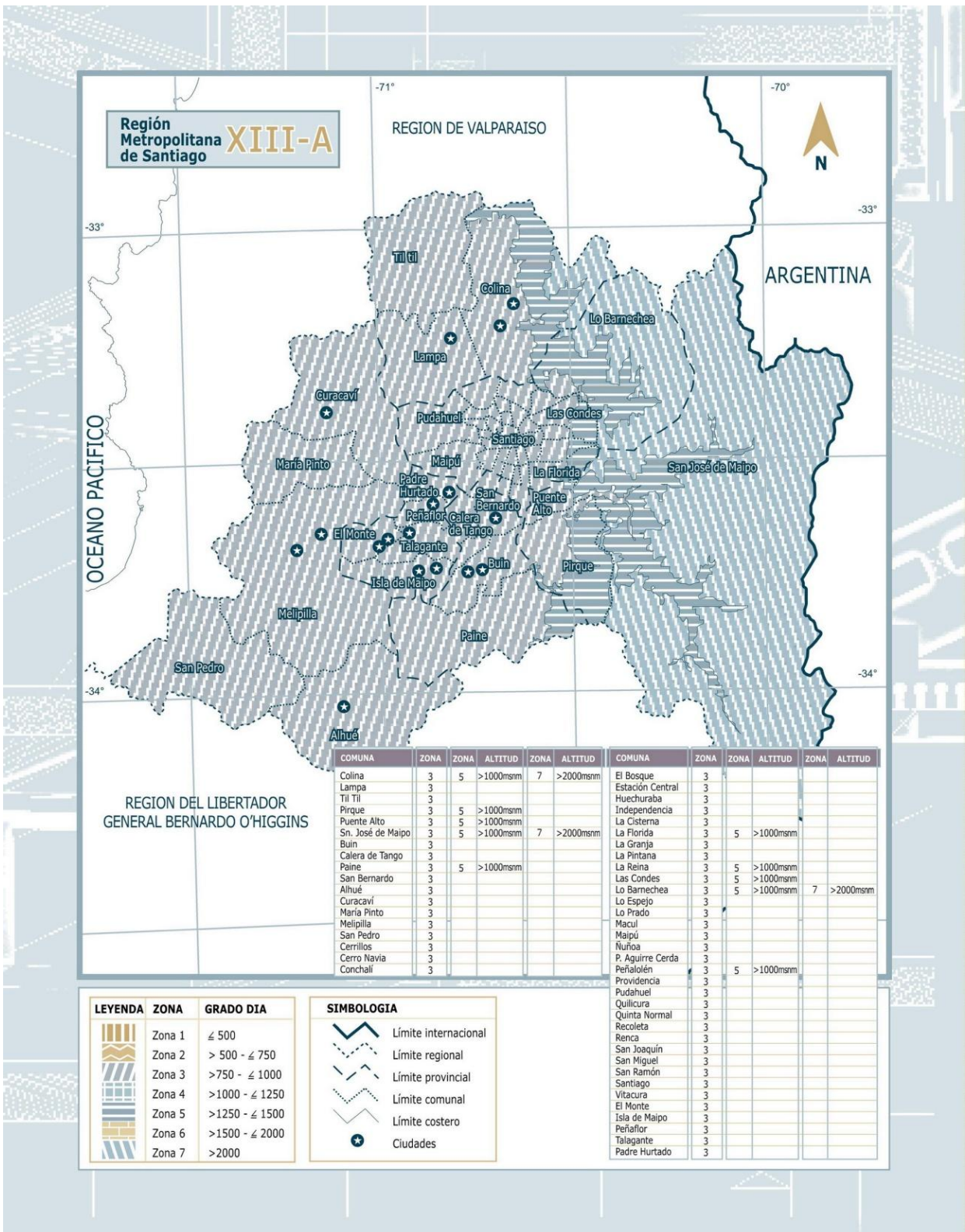


Figura A.2.: Zonificación térmica para la Región Metropolitana

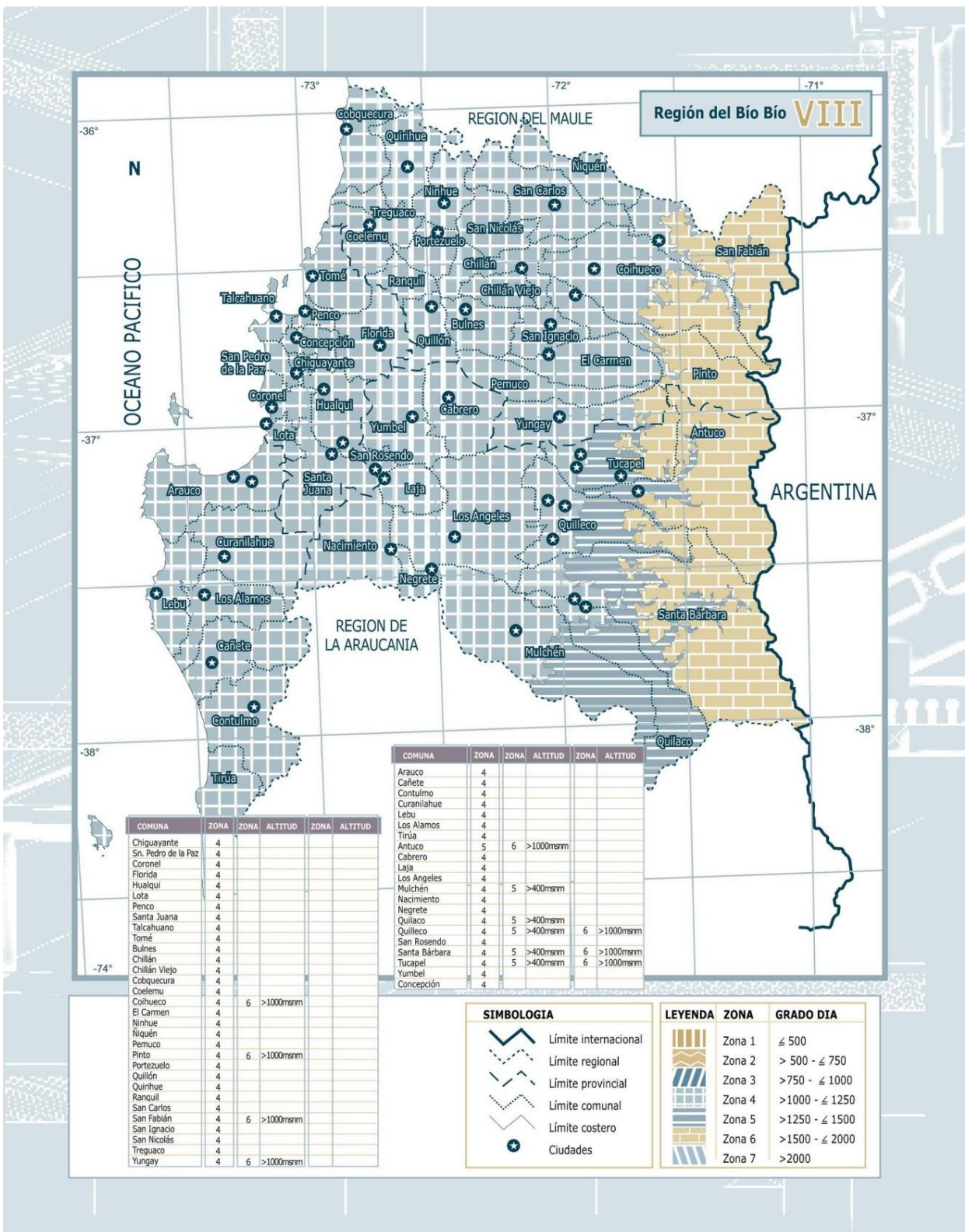


Figura A.3.: Zonificación térmica para la Región del Bío-Bío

B. PLANOS DE ARQUITECTURA VIVIENDAS TIPO

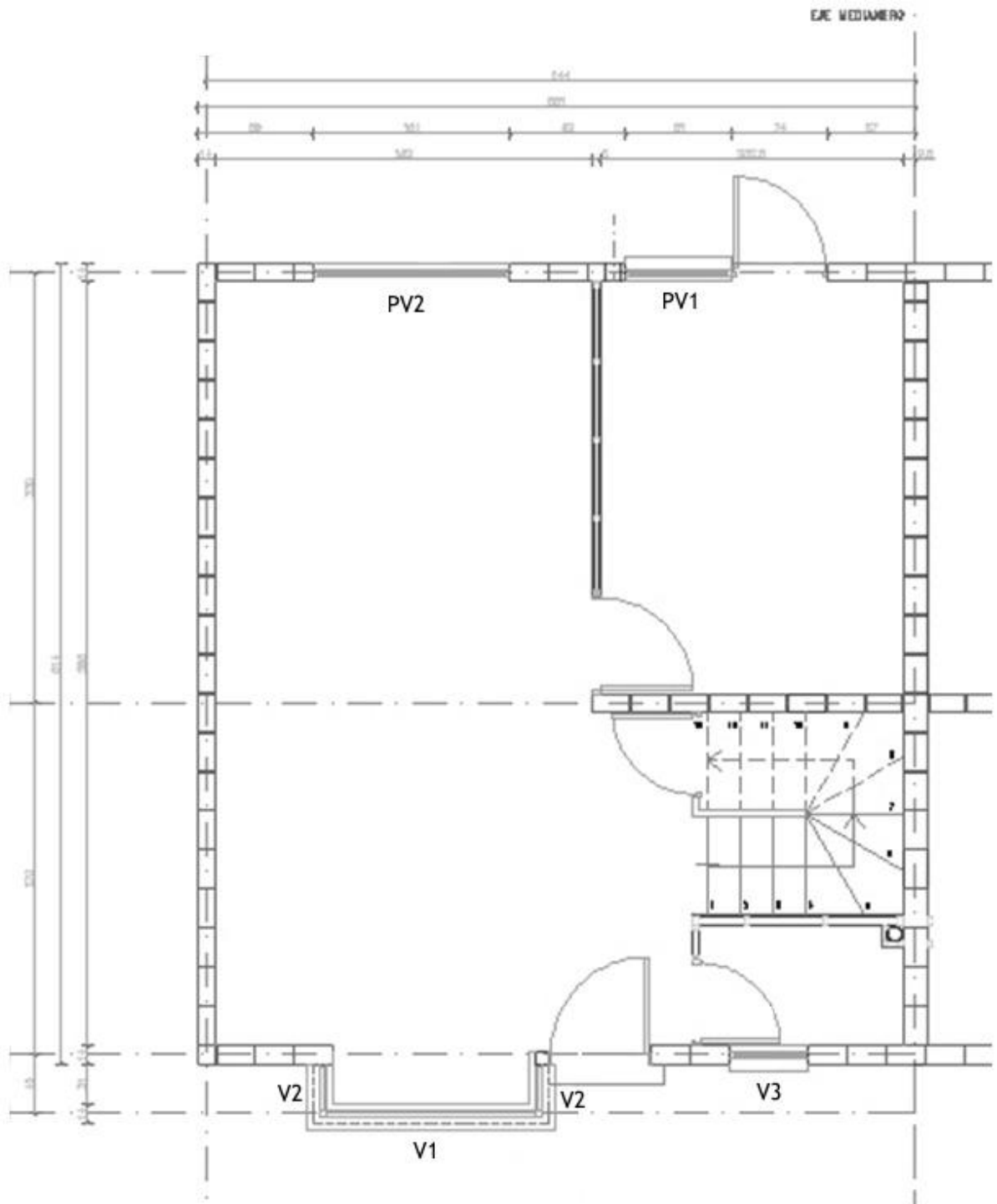


Figura B.1.: Planta primer piso vivienda 2 pisos

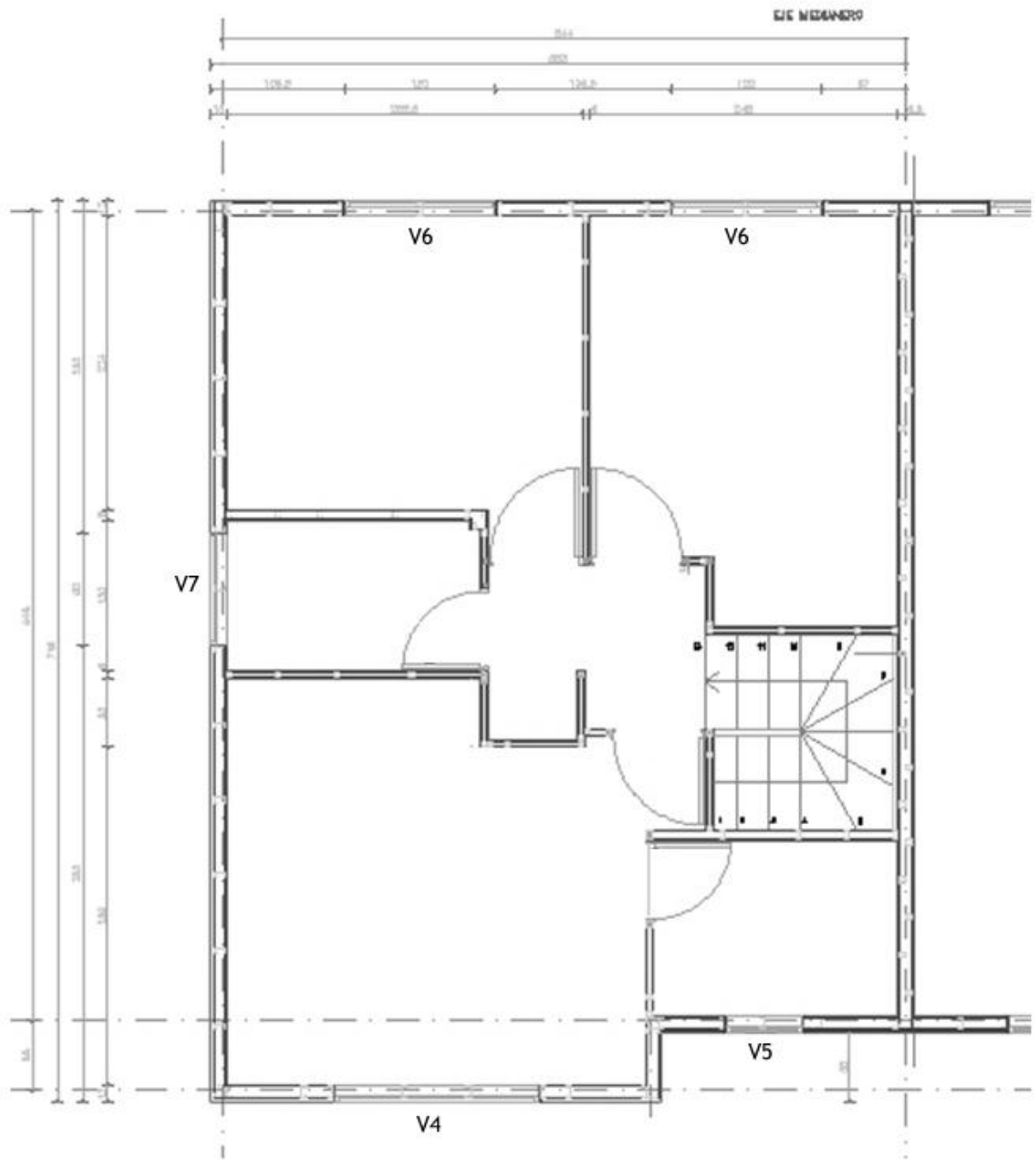


Figura B.2.: Planta segundo piso vivienda 2 pisos



Figura B.3.: Elevación principal vivienda 2 pisos



Figura B.4.: Elevación posterior vivienda 2 pisos



Figura B.5.: Elevación lateral vivienda 2 pisos

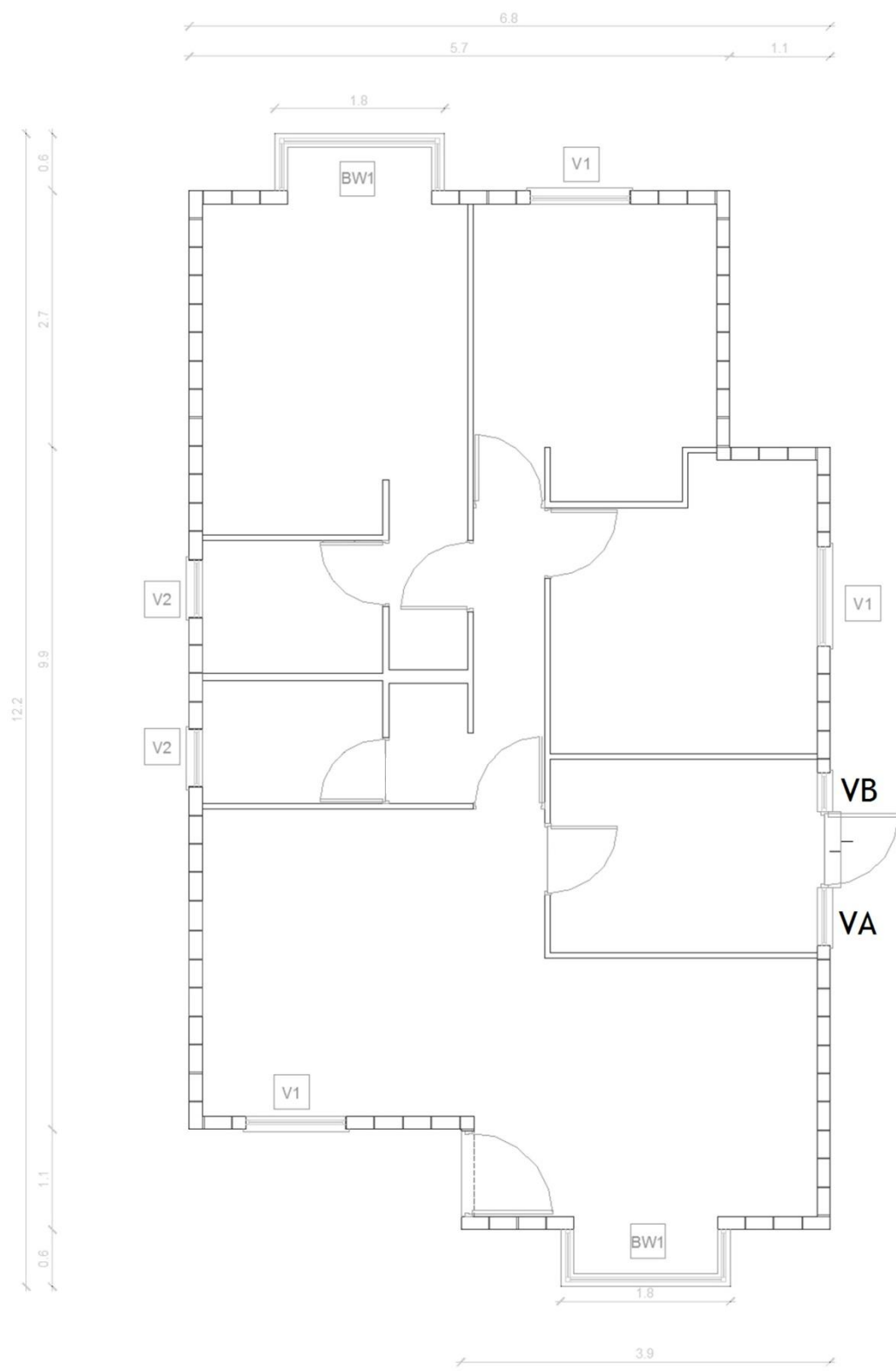


Figura B.6.: Planta primer piso vivienda 1 piso



Figura B.7.: Elevación principal vivienda 1 piso

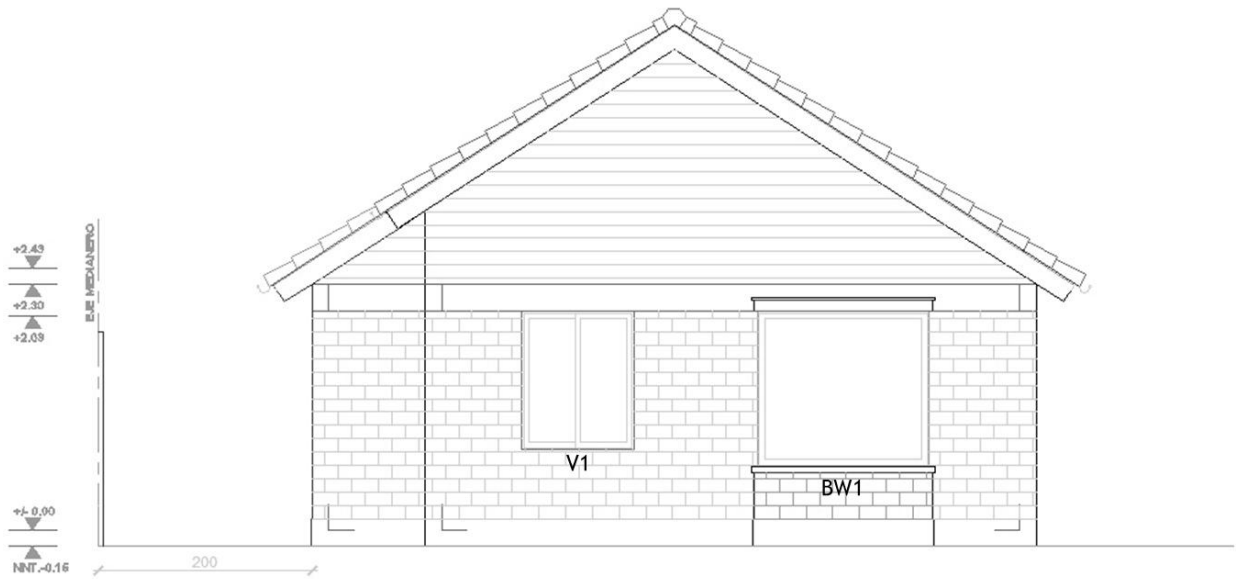


Figura B.8.: Elevación posterior vivienda 1 piso

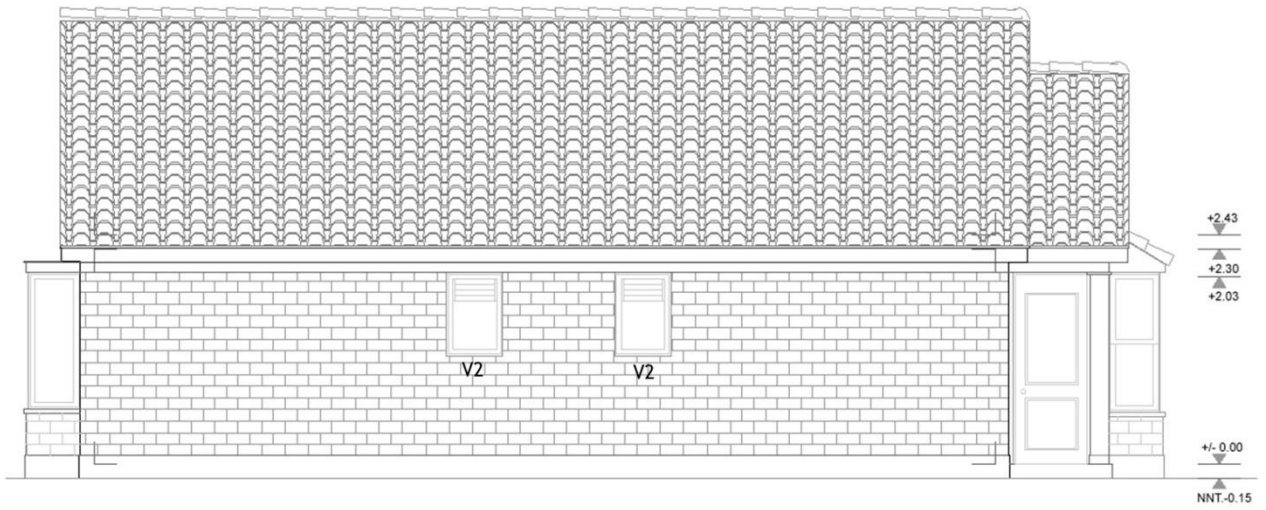


Figura B.9.: Elevación lateral 1 vivienda 1 piso

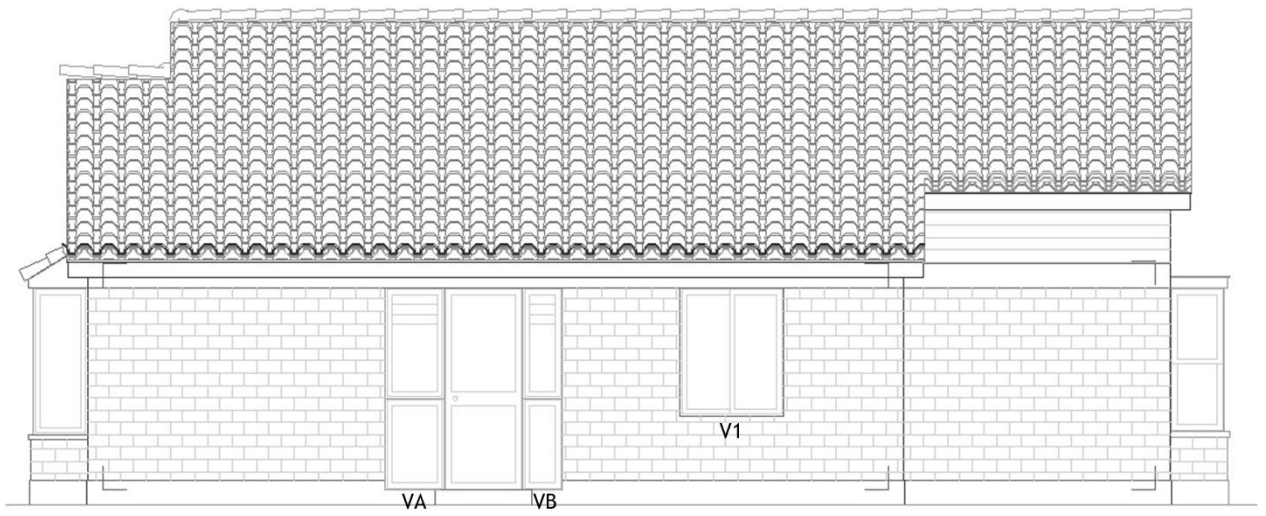


Figura B.10.: Elevación lateral 2 vivienda 1 piso

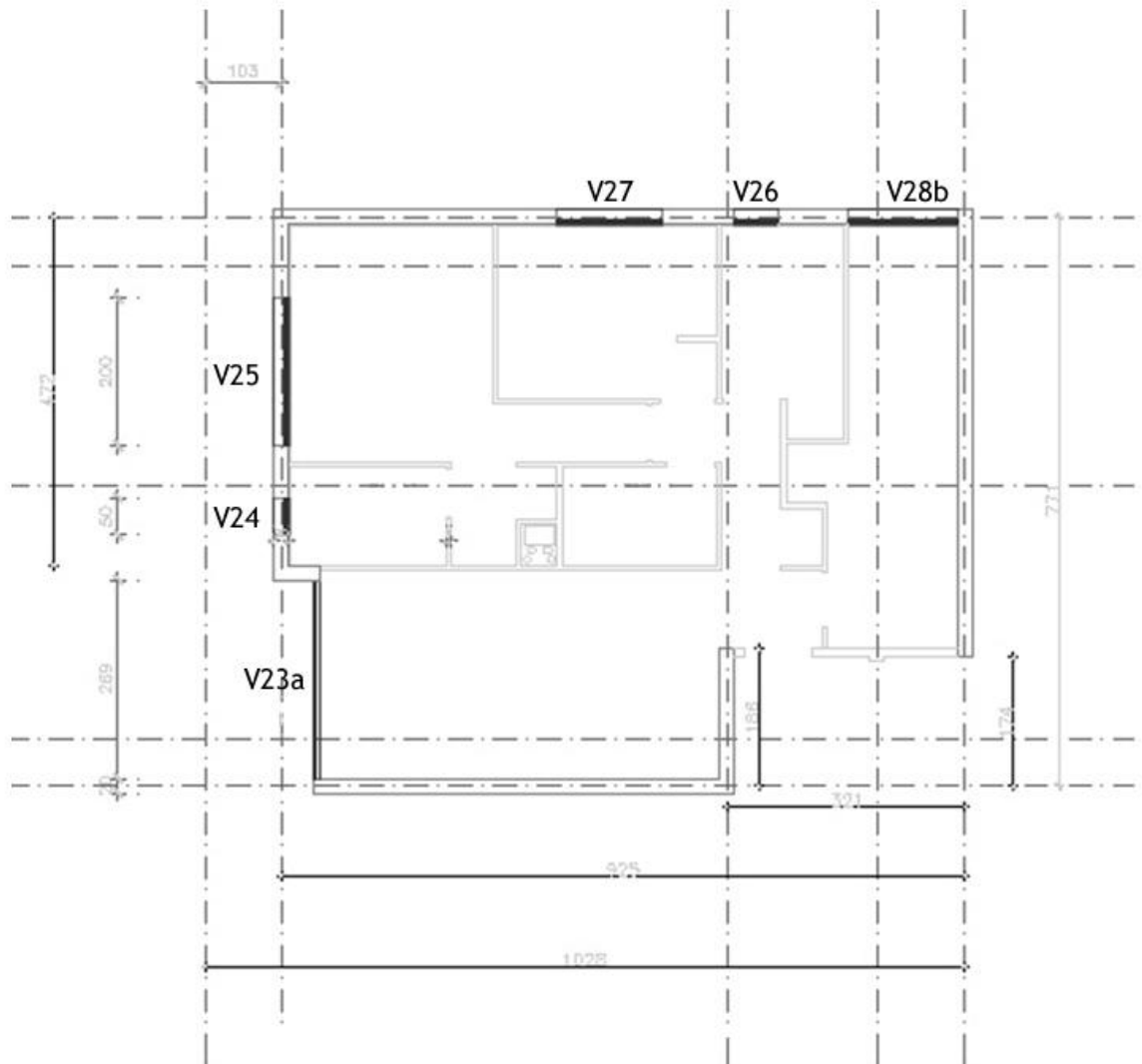


Figura B.11.: Planta departamento

C. APORTACIONES SOLARES PARA DISTINTAS LATITUDES

Los valores de las tablas de ganancias solares a través de un vidrio sencillo consideran tanto la radiación directa como la difusa, así como también un porcentaje de calor absorbido por el vidrio y transmitido a la vivienda.

A continuación se entregan valores de aportaciones solares para distintas latitudes y épocas del año, valores obtenidos del Manual de Aire Acondicionado.[5]

Tabla N° C.1.: “Aportaciones solares a través de vidrio sencillo kcal/h*m² a 20° latitud sur”

		20° LATITUD SUR													
Época	Orientación	Hora solar													
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
22-Dic	S	76	111	90	68	51	46	40	46	51	67	90	111	75	
	SE	219	417	390	330	225	103	40	38	38	38	32	24	8	
	E	219	401	434	387	260	111	38	38	38	38	32	24	8	
	NE	75	168	198	179	119	57	38	38	38	38	32	24	8	
	N	8	24	32	38	38	38	38	38	38	38	32	24	8	
	NO	8	24	32	38	38	38	38	57	119	179	198	168	75	
	O	8	24	32	38	38	38	38	111	260	387	434	401	220	
SO	8	24	32	38	38	38	40	103	225	330	390	417	220		
21-Ene	S	54	75	62	46	40	38	38	38	40	46	62	75	54	
21-Nov	SE	192	358	374	301	198	84	38	38	38	35	32	21	8	
	E	203	401	442	393	268	124	38	38	38	35	32	21	8	
	NE	84	189	230	214	154	78	38	38	38	35	32	21	8	
	N	8	21	32	35	38	38	38	38	38	35	32	21	8	
	NO	8	21	32	35	38	38	38	78	154	214	230	189	84	
	O	8	21	32	35	38	38	38	124	268	393	442	401	203	
	SO	8	21	32	35	38	38	38	84	198	301	374	358	192	
20-Feb	S	16	27	29	35	38	38	38	38	38	35	29	27	16	
23-Oct	SE	122	301	320	241	135	48	38	38	38	35	29	19	5	
	E	143	385	447	404	287	138	38	38	38	35	29	19	5	
	NE	78	241	306	292	265	149	54	38	38	35	29	19	5	
	N	5	19	29	38	54	65	70	65	54	38	29	19	5	
	NO	5	19	29	35	38	38	54	149	265	292	306	241	78	
	O	5	19	29	35	38	38	38	138	287	404	447	385	143	
	SO	5	19	29	35	38	38	38	48	135	241	320	301	122	
22-Mar	S	0	16	29	35	38	38	38	38	35	29	16	0		
22-Sep	SE	0	225	235	160	59	38	38	38	38	35	29	16	0	
	E	0	352	442	404	282	122	38	38	38	35	29	16	0	
	NE	0	268	368	379	325	227	111	40	38	35	29	26	0	
	N	0	21	59	103	141	170	176	172	141	103	59	21	0	
	NO	0	16	29	35	38	40	111	227	325	379	368	268	0	
	O	0	16	29	35	38	38	38	122	282	404	442	352	0	
	SO	0	16	29	35	38	38	38	38	59	160	235	225	0	
20-Abr	S	0	10	24	32	35	38	38	38	35	32	24	10	0	
24-Ago	SE	0	119	141	78	35	38	38	38	35	32	24	10	0	
	E	0	268	398	382	271	132	38	38	35	32	24	10	0	
	NE	0	246	396	433	404	322	200	73	35	32	24	10	0	
	N	0	57	135	206	252	287	301	287	252	206	135	57	0	
	NO	0	10	24	32	35	73	200	322	404	433	396	246	0	
	O	0	10	24	32	35	38	38	132	271	382	398	268	0	
	SO	0	10	24	32	35	38	38	38	35	78	141	119	0	
21-May	S	0	8	21	29	35	35	35	35	35	29	21	8	0	
23-Jul	SE	0	65	70	38	35	35	35	35	35	29	21	8	0	
	E	0	192	347	344	246	116	35	35	35	29	21	8	0	
	NE	0	198	390	444	428	366	246	124	43	29	21	8	0	
	N	0	75	187	271	333	368	382	368	333	271	187	75	0	
	NO	0	8	21	29	43	124	246	366	428	444	390	198	0	
	O	0	8	21	29	32	35	35	116	246	344	347	192	0	
	SO	0	8	21	29	32	35	35	35	35	38	70	65	0	
21-Jun	S	0	5	19	29	32	35	35	35	32	29	19	5	0	
	SE	0	38	48	32	32	35	35	35	32	29	19	5	0	
	E	0	151	320	328	230	92	35	35	32	29	19	5	0	
	NE	0	160	377	452	431	363	263	162	54	29	19	5	0	
	N	0	67	200	301	358	396	404	396	358	301	200	67	0	
	NO	0	5	19	29	54	162	263	363	431	452	377	160	0	
	O	0	5	19	29	32	35	35	92	230	328	320	151	0	
	SO	0	5	19	29	32	35	35	35	32	32	48	38	0	

Tabla N° C.2.: “Aportaciones solares a través de vidrio sencillo kcal/h*m² a 30° latitud sur”

		30° LATITUD SUR													
Época	Orientación	Hora solar													
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
22-Dic	S	89	78	48	38	38	38	38	38	38	38	48	78	89	
	SE	284	377	352	263	149	51	38	38	38	38	32	27	13	
	E	292	423	436	387	265	119	38	38	38	38	32	27	13	
	NE	113	203	244	244	198	119	46	38	38	38	32	27	13	
	N	13	27	32	38	40	51	57	51	40	38	32	27	13	
	NO	13	27	32	38	38	38	46	119	198	244	244	203	113	
	O	13	27	32	38	38	38	38	119	265	387	436	423	292	
SO	13	27	32	38	38	38	38	51	149	263	352	377	284		
21-Ene	S	59	54	38	35	38	38	38	38	38	35	38	54	59	
21-Nov	SE	252	355	333	241	124	43	38	38	38	35	32	24	10	
	E	270	420	444	393	268	119	38	38	38	35	32	24	10	
	NE	113	222	271	271	225	143	59	38	38	35	32	24	10	
	N	10	24	32	38	54	73	81	73	54	38	32	24	10	
	NO	10	24	32	35	38	38	38	143	225	271	271	222	113	
	O	10	24	32	35	38	38	38	119	268	393	444	420	271	
	SO	10	24	32	35	38	38	38	43	124	241	333	355	252	
20-Feb	S	16	21	29	35	35	38	38	38	35	35	29	21	16	
23-Oct	SE	149	292	271	179	73	38	38	38	35	35	29	21	5	
	E	179	398	447	401	276	124	38	38	35	35	29	21	5	
	NE	100	265	344	349	303	222	105	40	35	35	29	21	5	
	N	5	21	35	73	127	157	170	157	73	35	21	5		
	NO	5	21	29	35	35	40	105	222	303	349	344	265	100	
	O	5	21	29	35	35	38	38	124	276	401	447	398	179	
	SO	5	21	29	35	35	38	38	38	73	179	271	292	149	
22-Mar	S	0	13	27	32	35	38	38	38	35	32	27	13	0	
22-Sep	SE	0	200	244	108	40	38	38	38	35	32	27	13	0	
	E	0	336	428	390	279	130	38	38	35	32	27	13	0	
	NE	0	265	355	412	382	306	181	67	35	32	27	13	0	
	N	0	24	48	162	222	265	284	265	222	162	48	24	0	
	NO	0	13	27	32	35	67	181	306	382	412	355	265	0	
	O	0	13	27	32	35	38	38	130	279	390	428	336	0	
	SO	0	13	27	32	35	38	38	38	40	108	244	200	0	
20-Abr	S	0	8	21	29	32	35	38	35	32	29	21	8	0	
24-Ago	SE	0	89	105	48	32	35	38	35	32	29	21	8	0	
	E	0	214	366	358	254	116	38	35	32	29	21	8	0	
	NE	0	198	385	442	431	368	249	127	40	29	21	8	0	
	N	0	48	154	249	328	377	393	377	328	249	154	48	0	
	NO	0	8	21	29	40	127	249	368	431	442	385	198	0	
	O	0	8	21	29	32	35	38	116	254	358	366	214	0	
	SO	0	8	21	29	32	35	38	35	32	48	105	89	0	
21-May	S	0	2	16	24	29	32	32	32	29	24	16	2	0	
23-Jul	SE	0	21	43	24	29	32	32	32	29	24	16	2	0	
	E	0	73	295	314	225	94	32	32	29	24	16	2	0	
	NE	0	75	344	436	439	387	282	173	62	24	16	2	0	
	N	0	27	184	295	371	417	431	417	371	295	184	27	0	
	NO	0	2	16	24	62	173	282	387	439	436	344	75	0	
	O	0	2	16	24	29	32	32	94	225	314	295	73	0	
	SO	0	2	16	24	29	32	32	32	29	24	43	21	0	
21-Jun	S	0	0	10	24	29	32	32	32	29	24	10	0	0	
	SE	0	0	27	24	29	32	32	32	29	24	10	0	0	
	E	0	0	249	284	217	86	32	32	29	24	10	0	0	
	NE	0	0	309	425	439	387	292	195	75	24	10	0	0	
	N	0	0	173	306	385	431	442	431	385	306	173	0	0	
	NO	0	0	10	24	75	195	292	387	439	425	309	0	0	
	O	0	0	10	24	29	32	32	86	217	284	249	0	0	
	SO	0	0	10	24	29	32	32	32	29	24	27	0	0	

Tabla N° C.3.: "Aportaciones solares a través de vidrio sencillo kcal/h*m² a 40° latitud sur"

40° LATITUD SUR														
Época	Orientación	Hora solar												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
22-Dic	S	87	54	32	35	38	38	38	38	38	35	32	54	86
	SE	320	360	303	198	81	38	38	38	38	35	32	27	16
	E	341	436	439	385	257	119	38	38	38	35	32	27	16
	NE	138	238	295	301	268	192	92	38	38	35	32	27	16
	N	16	27	32	51	94	119	146	119	94	51	32	27	16
	NO	16	27	32	35	38	38	92	192	268	301	295	238	138
	O	16	27	32	35	38	38	38	119	257	385	439	436	341
SO	16	27	32	35	38	38	38	38	81	198	303	360	320	
21-Ene	S	65	38	32	35	38	38	38	38	38	35	32	38	65
21-Nov	SE	287	344	284	179	70	38	38	38	38	35	32	27	13
	E	320	436	444	390	265	116	38	38	38	35	32	27	13
	NE	146	260	322	339	298	222	113	40	38	35	32	27	13
	N	13	27	35	70	119	170	187	170	119	70	35	27	13
	NO	13	27	32	35	38	40	113	222	298	339	322	260	146
	O	13	27	32	35	38	38	38	116	265	390	444	436	320
SO	13	27	32	35	38	38	38	38	70	179	284	344	287	
20-Feb	S	19	21	29	35	38	38	38	38	38	35	29	21	19
23-Oct	SE	184	276	222	124	43	38	38	38	38	35	29	21	8
	E	227	398	439	393	273	122	38	38	38	35	29	21	8
	NE	130	284	374	396	377	290	179	67	38	35	29	21	8
	N	8	21	65	138	241	263	276	263	241	138	65	21	8
	NO	8	21	29	35	38	67	179	290	377	396	374	284	130
	O	8	21	29	35	38	38	38	122	273	393	439	398	227
	SO	8	21	29	35	38	38	38	38	43	124	222	276	184
22-Mar	S	0	13	24	32	35	35	38	35	35	32	24	13	0
22-Sep	SE	0	138	157	70	35	35	38	35	35	32	24	13	0
	E	0	314	404	377	268	122	38	35	35	32	24	13	0
	NE	0	257	390	439	425	360	244	111	35	32	24	13	0
	N	0	32	119	219	298	330	379	330	298	219	119	32	0
	NO	0	13	24	32	38	111	244	360	425	439	390	257	0
	O	0	13	24	32	35	35	38	122	268	377	404	314	0
	SO	0	13	24	32	35	35	38	35	35	70	157	138	0
20-Abr	S	0	5	16	27	29	32	32	32	29	27	16	5	0
24-Ago	SE	0	94	89	32	29	32	32	32	29	27	16	5	0
	E	0	230	317	330	238	105	32	32	29	27	16	5	0
	NE	0	219	358	336	442	390	290	170	54	27	16	5	0
	N	0	57	160	282	371	417	439	417	371	282	160	57	0
	NO	0	5	16	27	54	170	290	390	442	336	358	219	0
	O	0	5	16	27	29	32	32	105	238	330	317	230	0
	SO	0	5	16	27	29	32	32	32	29	32	89	94	0
21-May	S	0	0	8	19	24	27	29	27	24	19	8	0	0
23-Jul	SE	0	0	32	19	24	27	29	27	24	19	8	0	0
	E	0	0	246	271	200	89	29	27	24	19	8	0	0
	NE	0	0	295	390	423	390	314	189	73	19	8	0	0
	N	0	0	160	282	377	428	450	428	377	282	160	0	0
	NO	0	0	8	19	73	189	314	390	423	390	295	0	0
	O	0	0	8	19	24	27	29	89	200	271	246	0	0
	SO	0	0	8	19	24	27	29	27	24	19	32	0	0
21-Jun	S	0	0	5	16	24	27	27	27	24	16	5	0	0
	SE	0	0	19	16	24	27	27	27	24	16	5	0	0
	E	0	0	195	233	184	84	27	27	24	16	5	0	0
	NE	0	0	238	363	401	385	311	198	81	19	5	0	0
	N	0	0	138	268	363	428	447	428	363	268	138	0	0
	NO	0	0	5	19	81	198	311	385	401	363	238	0	0
	O	0	0	5	16	24	27	27	84	184	232	195	0	0
	SO	0	0	5	16	24	27	27	27	24	16	19	0	0

Interpolando las tablas anteriores se obtienen las aportaciones solares para las latitudes de las ciudades en estudio. Además se realiza una corrección por altitud para las ciudades de Calama y Santiago, ya que los valores de las tablas son válidos para ciudades ubicadas a 0 m.s.n.m., la corrección corresponde al 0,7% por cada 300 metros.

Tabla N° C.4.: “Corrección por altitud de las aportaciones solares”

	<i>Calama</i>	<i>Santiago</i>	<i>Concepción</i>
<i>m.s.n.m.</i>	2270	520	12
<i>Factor de corrección</i>	1,053	1,012	1,0003

Tabla N° C.5.: “Aportaciones solares a través de vidrio sencillo kcal/h*m² a 22° latitud sur”

22° LATITUD SUR: CALAMA														
Época	Orientación	Hora solar												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
22-Dic	S	83	110	86	65	51	47	42	47	51	64	86	110	82
	SE	244	431	403	333	221	98	42	40	40	40	34	26	9
	E	246	427	457	408	275	119	40	40	40	40	34	26	9
	NE	87	184	218	202	142	73	42	40	40	40	34	26	9
	N	9	26	34	40	40	43	44	43	40	40	34	26	9
	NO	9	26	34	40	40	40	42	73	142	202	218	184	87
	O	9	26	34	40	40	40	40	119	275	408	457	427	247
SO	9	26	34	40	40	40	42	98	221	333	403	431	245	
21-Ene	S	58	75	60	46	42	40	40	40	42	46	60	75	58
21-Nov	SE	215	376	385	304	193	80	40	40	40	37	34	23	9
	E	228	426	466	414	282	130	40	40	40	37	34	23	9
	NE	95	206	251	237	177	96	44	40	40	37	34	23	9
	N	9	23	34	37	43	47	49	47	43	37	34	23	9
	NO	9	23	34	37	40	40	40	96	177	237	251	206	95
	O	9	23	34	37	40	40	40	130	282	414	466	426	228
	SO	9	23	34	37	40	40	40	80	193	304	385	376	215
20-Feb	S	17	27	31	37	39	40	40	39	37	31	27	17	
23-Oct	SE	134	315	327	241	129	48	40	40	39	37	31	20	5
	E	158	408	471	425	300	142	40	40	39	37	31	20	5
	NE	87	259	330	319	287	172	68	40	39	37	31	20	5
	N	5	20	32	47	72	88	95	88	72	47	32	20	5
	NO	5	20	31	37	39	40	68	172	287	319	330	259	87
	O	5	20	31	37	39	40	40	142	300	425	471	408	158
	SO	5	20	31	37	39	40	40	48	129	241	327	315	134
22-Mar	S	0	16	30	36	39	40	40	39	36	30	16	0	
22-Sep	SE	0	232	249	158	58	40	40	40	39	36	30	16	0
	E	0	367	462	422	296	130	40	40	39	36	30	16	0
	NE	0	282	385	406	354	256	132	48	39	36	30	25	0
	N	0	23	60	121	166	199	208	201	166	121	60	23	0
	NO	0	16	30	36	39	48	132	256	354	406	385	282	0
	O	0	16	30	36	39	40	40	130	296	422	462	367	0
	SO	0	16	30	36	39	40	40	40	58	158	249	232	0
20-Abr	S	0	10	25	33	36	39	40	39	36	33	25	10	0
24-Ago	SE	0	119	141	76	36	39	40	39	36	33	25	10	0
	E	0	271	412	397	282	136	40	39	36	33	25	10	0
	NE	0	249	415	458	431	349	221	88	38	33	25	10	0
	N	0	58	146	226	281	321	336	321	281	226	146	58	0
	NO	0	10	25	33	38	88	221	349	431	458	415	249	0
	O	0	10	25	33	36	39	40	136	282	397	412	271	0
	SO	0	10	25	33	36	39	40	39	36	33	25	10	0
21-May	S	0	7	21	29	36	36	36	36	36	29	21	7	0
23-Jul	SE	0	59	68	37	36	36	36	36	36	29	21	7	0
	E	0	177	354	356	255	118	36	36	36	29	21	7	0
	NE	0	183	401	466	453	390	267	141	49	29	21	7	0
	N	0	69	196	290	359	398	413	398	359	290	196	69	0
	NO	0	7	21	29	49	141	267	390	453	466	401	183	0
	O	0	7	21	29	33	36	36	118	255	356	354	177	0
	SO	0	7	21	29	33	36	36	36	36	37	68	59	0
21-Jun	S	0	4	18	29	33	36	36	36	33	29	18	4	0
	SE	0	32	46	32	33	36	36	36	33	29	18	4	0
	E	0	127	322	336	239	96	36	36	33	29	18	4	0
	NE	0	135	383	470	456	387	283	178	61	29	18	4	0
	N	0	56	205	318	383	424	433	424	383	318	205	56	0
	NO	0	4	18	29	61	178	283	387	456	470	383	135	0
	O	0	4	18	29	33	36	36	96	239	336	322	127	0
	SO	0	4	18	29	33	36	36	36	33	32	46	32	0

Tabla N° C.6.: “Aportaciones solares a través de vidrio sencillo kcal/h*m² a 33° latitud sur”

33° LATITUD SUR: SANTIAGO														
Época	Orientación	Hora solar												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
22-Dic	S	89	72	44	38	38	38	38	38	38	38	44	72	89
	SE	298	376	341	246	130	48	38	38	38	38	32	27	14
	E	310	432	442	391	266	120	38	38	38	38	32	27	14
	NE	122	216	262	264	222	143	61	38	38	38	32	27	14
	N	14	27	32	42	57	72	85	72	57	42	32	27	14
	NO	14	27	32	38	38	38	61	143	222	264	262	216	122
	O	14	27	32	38	38	38	38	120	266	391	442	432	310
	SO	14	27	32	38	38	38	38	48	130	246	341	376	298
21-Ene 21-Nov	S	62	50	37	35	38	38	38	38	38	35	37	50	62
	SE	266	356	322	225	109	42	38	38	38	35	32	25	11
	E	288	430	449	397	270	120	38	38	38	35	32	25	11
	NE	124	236	290	295	250	169	76	39	38	35	32	25	11
	N	11	25	33	48	74	103	114	103	74	48	33	25	11
	NO	11	25	32	35	38	39	61	169	250	295	290	236	124
	O	11	25	32	35	38	38	38	120	270	397	449	430	288
	SO	11	25	32	35	38	38	38	42	109	225	322	356	266
20-Feb 23-Oct	S	17	21	29	35	36	38	38	38	36	35	29	21	17
	SE	161	291	259	164	65	38	38	38	36	35	29	21	6
	E	196	403	450	403	278	125	38	38	36	35	29	21	6
	NE	110	274	357	367	329	245	129	49	36	35	29	21	6
	N	6	21	45	94	163	191	204	191	163	94	45	21	6
	NO	6	21	29	35	36	49	129	245	329	367	357	274	110
	O	6	21	29	35	36	38	38	125	278	403	450	403	196
	SO	6	21	29	35	36	38	38	38	65	164	259	291	161
22-Mar 22-Sep	S	0	13	26	32	35	38	38	38	35	32	26	13	0
	SE	0	184	221	98	39	38	38	38	35	32	26	13	0
	E	0	333	426	391	279	129	38	38	35	32	26	13	0
	NE	0	266	370	425	400	326	202	81	35	32	26	13	0
	N	0	27	70	181	248	288	316	288	248	181	70	27	0
	NO	0	13	26	32	36	81	202	326	400	425	370	266	0
	O	0	13	26	32	35	38	38	129	279	391	426	333	0
	SO	0	13	26	32	35	38	38	38	39	98	221	184	0
20-Abr 24-Ago	S	0	7	20	29	31	35	37	35	31	29	20	7	0
	SE	0	92	101	44	31	35	37	35	31	29	20	7	0
	E	0	221	356	354	252	114	37	35	31	29	20	7	0
	NE	0	207	381	415	440	379	264	142	45	29	20	7	0
	N	0	51	158	262	345	394	412	394	345	262	158	51	0
	NO	0	7	20	29	45	142	264	379	440	415	381	207	0
	O	0	7	20	29	31	35	37	114	252	354	356	221	0
	SO	0	7	20	29	31	35	37	35	31	44	101	92	0
21-May 23-Jul	S	0	1	14	23	28	31	31	31	28	23	14	1	0
	SE	0	15	40	23	28	31	31	31	28	23	14	1	0
	E	0	52	284	305	220	94	31	31	28	23	14	1	0
	NE	0	53	333	427	439	393	295	180	66	23	14	1	0
	N	0	19	179	295	377	425	442	425	377	295	179	19	0
	NO	0	1	14	23	66	180	295	393	439	427	333	53	0
	O	0	1	14	23	28	31	31	94	220	305	284	52	0
	SO	0	1	14	23	28	31	31	31	28	23	40	15	0
21-Jun	S	0	0	9	22	28	31	31	31	28	22	9	0	0
	SE	0	0	25	22	28	31	31	31	28	22	9	0	0
	E	0	0	236	272	210	86	31	31	28	22	9	0	0
	NE	0	0	291	411	433	391	301	198	78	23	9	0	0
	N	0	0	164	298	383	435	449	435	383	298	164	0	0
	NO	0	0	9	23	78	198	301	391	433	411	291	0	0
	O	0	0	9	22	28	31	31	86	210	272	236	0	0
	SO	0	0	9	22	28	31	31	31	28	22	25	0	0

Tabla N° C.7.: "Aportaciones solares a través de vidrio sencillo kcal/h*m² a 36° latitud sur"

33° LATITUD SUR: CONNCEPCION														
Época	Orientación	Hora solar												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
22-Dic	S	88	64	38	36	38	38	38	38	38	36	38	64	87
	SE	306	367	323	224	108	43	38	38	38	36	32	27	15
	E	321	431	438	386	260	119	38	38	38	36	32	27	15
	NE	128	224	275	278	240	163	74	38	38	36	32	27	15
	N	15	27	32	46	72	92	110	92	72	46	32	27	15
	NO	15	27	32	36	38	38	74	163	240	278	275	224	128
	O	15	27	32	36	38	38	38	119	260	386	438	431	321
SO	15	27	32	36	38	38	38	43	108	224	323	367	306	
21-Ene	S	63	44	34	35	38	38	38	38	38	35	34	44	63
21-Nov	SE	273	348	304	204	92	40	38	38	38	35	32	26	12
	E	300	430	444	391	266	117	38	38	38	35	32	26	12
	NE	133	245	302	312	269	190	91	39	38	35	32	26	12
	N	12	26	34	57	93	131	145	131	93	57	34	26	12
	NO	12	26	32	35	38	39	83	190	269	312	302	245	133
	O	12	26	32	35	38	38	38	117	266	391	444	430	300
	SO	12	26	32	35	38	38	38	40	92	204	304	348	273
20-Feb	S	18	21	29	35	37	38	38	38	37	35	29	21	18
23-Oct	SE	170	282	242	146	55	38	38	38	37	35	29	21	7
	E	208	398	442	396	274	123	38	38	37	35	29	21	7
	NE	118	276	362	377	347	263	149	56	37	35	29	21	7
	N	7	21	53	112	195	221	234	221	195	112	53	21	7
	NO	7	21	29	35	37	56	149	263	347	377	362	276	118
	O	7	21	29	35	37	38	38	123	274	396	442	398	208
	SO	7	21	29	35	37	38	38	38	55	146	242	282	170
22-Mar	S	0	13	25	32	35	36	38	36	35	32	25	13	0
22-Sep	SE	0	163	192	85	37	36	38	36	35	32	25	13	0
	E	0	323	414	382	272	125	38	36	35	32	25	13	0
	NE	0	260	376	428	408	338	219	93	35	32	25	13	0
	N	0	29	91	196	268	304	341	304	268	196	91	29	0
	NO	0	13	25	32	37	93	219	338	408	428	376	260	0
	O	0	13	25	32	35	36	38	125	272	382	414	323	0
	SO	0	13	25	32	35	36	38	36	37	85	192	163	0
20-Abr	S	0	6	18	28	30	33	34	33	30	28	18	6	0
24-Ago	SE	0	92	95	38	30	33	34	33	30	28	18	6	0
	E	0	224	337	341	244	109	34	33	30	28	18	6	0
	NE	0	211	369	378	438	381	274	153	48	28	18	6	0
	N	0	53	158	269	354	401	421	401	354	269	158	53	0
	NO	0	6	18	28	48	153	274	381	438	378	369	211	0
	O	0	6	18	28	30	33	34	109	244	341	337	224	0
	SO	0	6	18	28	30	33	34	33	30	28	18	6	0
21-May	S	0	1	11	21	26	29	30	29	26	21	11	1	0
23-Jul	SE	0	8	36	21	26	29	30	29	26	21	11	1	0
	E	0	29	266	288	210	91	30	29	26	21	11	1	0
	NE	0	30	315	408	429	389	301	183	69	21	11	1	0
	N	0	11	170	287	375	424	442	424	375	287	170	11	0
	NO	0	1	11	21	69	183	301	389	429	408	315	30	0
	O	0	1	11	21	26	29	30	91	210	288	266	29	0
	SO	0	1	11	21	26	29	30	29	26	21	11	1	0
21-Jun	S	0	0	7	19	26	29	29	29	26	19	7	0	0
	SE	0	0	22	19	26	29	29	29	26	19	7	0	0
	E	0	0	217	253	197	85	29	29	26	19	7	0	0
	NE	0	0	266	388	416	386	303	197	79	21	7	0	0
	N	0	0	152	283	372	429	445	429	372	283	152	0	0
	NO	0	0	7	21	79	197	303	386	416	388	266	0	0
	O	0	0	7	19	26	29	29	85	197	253	217	0	0
	SO	0	0	7	19	26	29	29	29	26	19	7	0	0

D. GRAFICOS SOLARES Y DETERMINACION DE HORAS DE SOL

Del libro de Stuvén Hellmuth, 43 gráficos de trayectoria solar para ciudades de Chile y Argentina [7], se determinan las horas de sol para las ciudades en estudio durante distintas épocas del año.

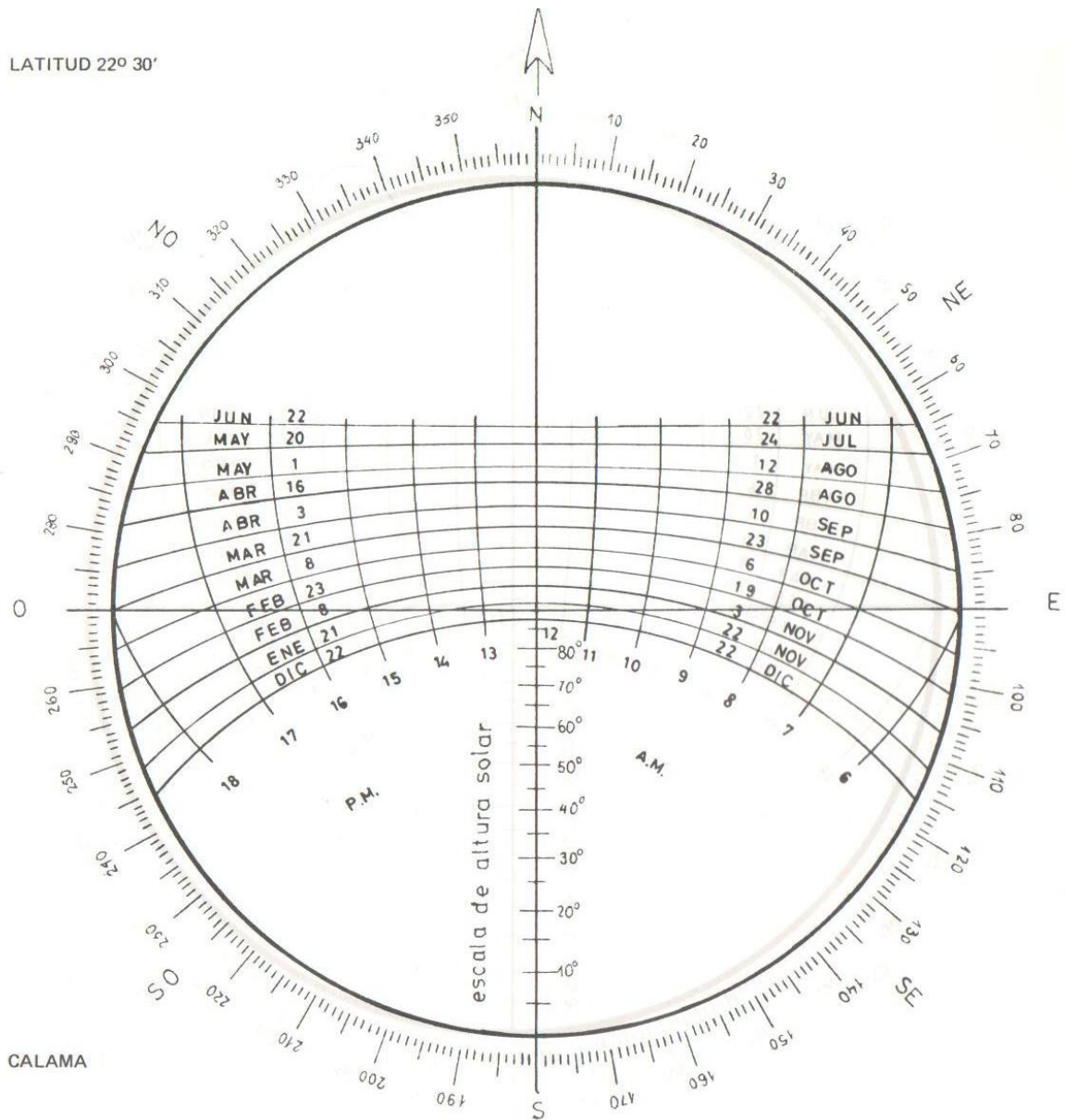


Figura D.1.: Gráfico solar para Calama

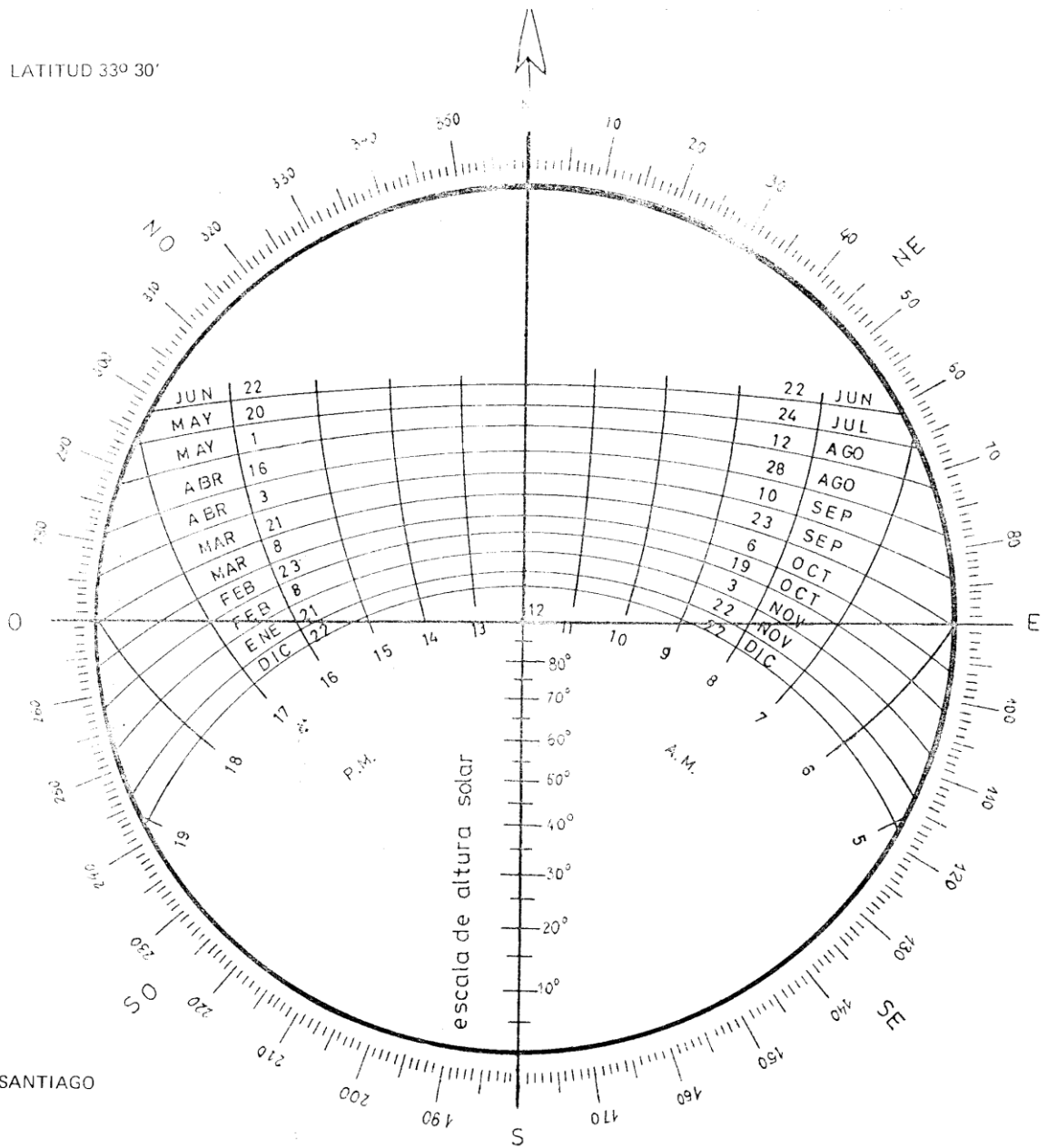


Figura D.2.: Gráfico solar para Santiago

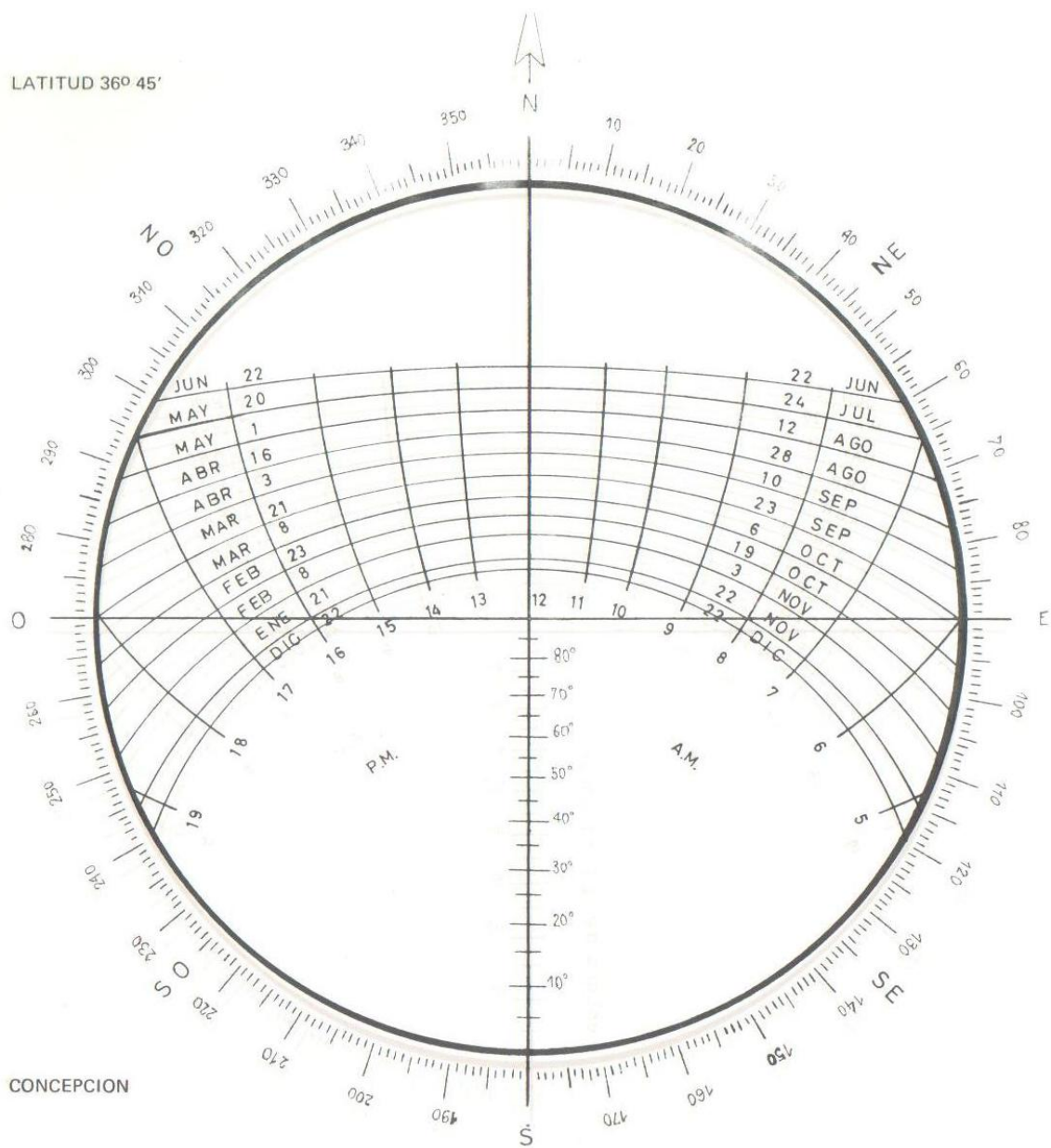


Figura D.3.: Gráfico solar para Concepción

A partir de los gráficos solares se determinó las horas de sol para cada época del año y cada una de las ciudades.

Tabla N° D.1.: “Cantidad de horas de sol para cada época del año para Calama”

22° LATITUD SUR: CALAMA														
Época	Orientación	Hora solar												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
22-Dic	S	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	SE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
21-Ene 21-Nov	S	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,00	0,00	0,42	1,00	1,00	1,00	0,00	
	SE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	E	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	NE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	1,00	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	
	NO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
20-Feb 23-Oct	S	1,00	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	1,00	
	SE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	E	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	NE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	N	0,00	0,08	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,00	
	NO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
22-Mar 22-Sep	S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	SE	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	E	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	NE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	N	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	
	NO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00	
20-Abr 24-Ago	S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	SE	0,67	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	E	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	NE	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	N	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	
	NO	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	
21-May 23-Jul	S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	SE	0,42	1,00	1,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	E	0,42	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	NE	0,42	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,58	0,00	0,00	0,00	
	N	0,42	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,42	
	NO	0,00	0,00	0,00	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,42	
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,42	
21-jun	S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	SE	0,25	1,00	1,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	E	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	NE	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,00	0,00	0,00	
	N	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	
	NO	0,00	0,00	0,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	

Tabla N° D.2.: “Cantidad de horas de sol para cada época del año para Santiago”

33° LATITUD SUR: SANTIAGO															
Época	Orientación	Hora solar													
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
22-Dic	S	1,00	1,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	1,00	1,00	0,00	
	SE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	E	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	NE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	N	0,00	0,00	0,17	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,00	0,00	0,00	
	NO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	
	O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	
SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00		
21-Ene	S	1,00	1,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	1,00	1,00	0,00	
21-Nov	SE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	E	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	NE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	N	0,00	0,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,00	0,00	0,00	
	NO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	
	O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	
20-Feb	S	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	
23-Oct	SE	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	E	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	NE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	N	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	
	NO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	
	O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	
22-Mar	S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
22-Sep	SE	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	E	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	NE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	N	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	
	NO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	
	O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	
20-Abr	S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
24-Ago	SE	0,58	1,00	1,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	E	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	NE	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	
	N	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,58	0,00	
	NO	0,00	0,00	0,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,58	0,00
	O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,58	0,00
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,00	1,00	0,58	0,00	
21-May	S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
23-Jul	SE	0,08	1,00	1,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	E	0,08	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	NE	0,08	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	
	N	0,08	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,08	0,00	
	NO	0,00	0,00	0,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,08	0,00	
	O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,08	0,00	
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	1,00	1,00	0,08	0,00	
21-jun	S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	SE	0,00	0,83	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	E	0,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	NE	0,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,00	0,00	0,00	
	N	0,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,00	0,00	
	NO	0,00	0,00	0,17	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,00	0,00	
	O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,00	0,00	
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	0,83	0,00	0,00	

Tabla N° D.3.: “Cantidad de horas de sol para cada época del año para Concepción”

36° LATITUD SUR: CONCEPCION														
Época	Orientación	Hora solar												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
22-Dic	S	1,00	1,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	1,00	1,00	0,00
	SE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	N	0,00	0,00	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,00	0,00	0,00
	NO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
21-Ene	S	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00
21-Nov	SE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	N	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	NO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
20-Feb	S	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	0,00
23-Oct	SE	1,00	1,00	1,00	1,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	N	0,08	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,08	0,00
	NO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
22-Mar	S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22-Sep	SE	1,00	1,00	1,00	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
	N	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	NO	0,00	0,00	0,00	0,08	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	1,00	1,00	1,00	0,00
20-Abr	S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24-Ago	SE	0,58	1,00	1,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NE	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00
	N	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,58	0,00
	NO	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,58
	O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,58
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	1,00	1,00	0,58	0,00
21-May	S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23-Jul	SE	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NE	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	N	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	NO	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00
21-jun	S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21-jun	SE	0,00	0,75	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E	0,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NE	0,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,00	0,00	0,00
	N	0,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	0,00	0,00
	NO	0,00	0,00	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	0,00	0,00
	O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	0,00	0,00
	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,75	0,00	0,00

E. AHORRO DE FLUJO ENERGETICO VARIANDO LA CALIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES AISLANTES

Tabla N° E.1.: “Ahorro flujo de calor en complejos de la vivienda de 2 pisos”

CALAMA									
Muro 1	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Esesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	2,64	0,00	12,78	2,64	0,00	12,78	2,64	0,00	12,78
5	1,90	28,19	37,37	1,83	30,67	39,53	1,78	32,69	41,30
10	1,55	41,17	48,69	1,47	44,43	51,53	1,40	46,98	53,76
15	1,32	50,18	56,55	1,23	53,63	59,56	1,16	56,27	61,86
20	1,14	56,79	62,32	1,05	60,22	65,31	0,98	62,78	67,54
25	1,01	61,86	66,73	0,92	65,17	69,62	0,86	67,61	71,75
30	0,90	65,86	70,22	0,82	69,02	72,98	0,76	71,33	74,99
35	0,82	69,10	73,05	0,74	72,11	75,67	0,68	74,28	77,57
40	0,75	71,78	75,39	0,67	74,64	77,88	0,62	76,68	79,66
45	0,69	74,03	77,35	0,61	76,74	79,72	0,56	78,67	81,40
50	0,64	75,95	79,03	0,57	78,53	81,27	0,52	80,35	82,86
55	0,59	77,61	80,47	0,53	80,06	82,61	0,48	81,79	84,11
60	0,55	79,05	81,73	0,49	81,38	83,76	0,45	83,02	85,19
70	0,49	81,44	83,81	0,43	83,57	85,67	0,39	85,06	86,97
80	0,44	83,34	85,47	0,39	85,29	87,17	0,35	86,65	88,36
90	0,40	84,89	86,82	0,35	86,69	88,39	0,32	87,94	89,48
100	0,37	86,17	87,94	0,32	87,85	89,40	0,29	89,00	90,41
Muro 2	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Esesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	2,61	0,00	13,74	2,61	0,00	13,74	2,61	0,00	13,74
5	1,88	27,97	37,87	1,82	30,44	40,00	1,77	32,45	41,73
10	1,54	40,91	49,03	1,46	44,16	51,83	1,39	46,71	54,03
15	1,31	49,90	56,79	1,22	53,36	59,77	1,15	55,99	62,04
20	1,14	56,52	62,50	1,05	59,96	65,46	0,98	62,53	67,68
25	1,00	61,60	66,88	0,92	64,92	69,74	0,85	67,37	71,85
30	0,90	65,61	70,34	0,82	68,79	73,08	0,76	71,10	75,07
35	0,81	68,87	73,14	0,73	71,89	75,75	0,68	74,07	77,63
40	0,74	71,56	75,47	0,67	74,43	77,94	0,61	76,49	79,72
45	0,68	73,82	77,42	0,61	76,54	79,77	0,56	78,49	81,44
50	0,63	75,75	79,08	0,57	78,34	81,32	0,52	80,18	82,90
55	0,59	77,41	80,52	0,53	79,88	82,64	0,48	81,62	84,15
60	0,55	78,87	81,77	0,49	81,21	83,80	0,45	82,87	85,22
70	0,49	81,27	83,85	0,43	83,41	85,69	0,39	84,91	86,99
80	0,44	83,19	85,50	0,39	85,15	87,19	0,35	86,52	88,38
90	0,40	84,74	86,84	0,35	86,56	88,41	0,32	87,82	89,50
100	0,36	86,04	87,96	0,32	87,73	89,41	0,29	88,90	90,42

SANTIAGO									
Muro 1	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	2,41	0	-28,0	2,41	0	-28,0	2,41	0	-28,0
5	1,78	26,4	5,8	1,72	28,8	8,9	1,67	30,7	11,4
10	1,47	39,0	21,9	1,40	42,2	26,0	1,33	44,7	29,3
15	1,26	47,9	33,3	1,17	51,4	37,8	1,11	54,0	41,2
20	1,10	54,6	41,9	1,01	58,0	46,3	0,95	60,7	49,6
25	0,97	59,7	48,4	0,89	63,1	52,8	0,83	65,6	56,0
30	0,87	63,8	53,7	0,80	67,1	57,8	0,74	69,5	60,9
35	0,79	67,1	57,9	0,72	70,3	61,9	0,66	72,5	64,8
40	0,73	69,9	61,5	0,65	72,9	65,3	0,60	75,0	68,0
45	0,67	72,3	64,5	0,60	75,1	68,1	0,55	77,1	70,7
50	0,62	74,3	67,1	0,56	77,0	70,5	0,51	78,9	73,0
55	0,58	76,0	69,3	0,52	78,6	72,6	0,47	80,4	74,9
60	0,54	77,5	71,2	0,48	80,0	74,4	0,44	81,7	76,6
70	0,48	80,0	74,4	0,43	82,3	77,3	0,39	83,9	79,4
80	0,43	82,0	77,0	0,38	84,1	79,7	0,35	85,6	81,5
90	0,39	83,7	79,1	0,35	85,6	81,6	0,32	87,0	83,3
100	0,36	85,1	80,9	0,32	86,9	83,2	0,29	88,1	84,8
Muro 2	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	3,92	0	-107,6	3,92	0	-107,6	3,92	0	-107,6
5	2,83	27,7	-50,2	2,71	30,8	-43,7	2,61	33,3	-38,6
10	2,22	43,3	-17,6	2,07	47,1	-9,9	1,96	49,9	-4,0
15	1,82	53,4	3,3	1,68	57,1	11,0	1,57	59,9	16,8
20	1,55	60,5	17,9	1,41	64,0	25,3	1,31	66,6	30,6
25	1,35	65,7	28,7	1,22	69,0	35,6	1,12	71,4	40,5
30	1,19	69,6	37,0	1,07	72,7	43,4	0,98	74,9	48,0
35	1,07	72,8	43,5	0,95	75,7	49,5	0,87	77,7	53,7
40	0,96	75,4	48,9	0,86	78,0	54,4	0,79	79,9	58,4
45	0,88	77,5	53,3	0,78	80,0	58,5	0,71	81,8	62,1
50	0,81	79,3	57,0	0,72	81,6	61,9	0,65	83,3	65,3
55	0,75	80,8	60,1	0,67	83,0	64,7	0,60	84,6	68,0
60	0,70	82,1	62,9	0,62	84,2	67,2	0,56	85,7	70,3
70	0,62	84,3	67,3	0,54	86,2	71,3	0,49	87,5	74,0
80	0,55	86,0	70,8	0,48	87,7	74,4	0,44	88,9	76,9
90	0,50	87,3	73,7	0,44	88,9	76,9	0,39	90,0	79,2
100	0,45	88,4	76,0	0,40	89,9	79,0	0,36	90,9	81,1

CONCEPCION									
Muro 1	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	2,64	0,00	-55,93	2,64	0,00	-55,93	2,64	0,00	-55,93
5	1,90	28,19	-11,97	1,83	30,67	-8,11	1,78	32,69	-4,96
10	1,55	41,17	8,27	1,47	44,43	13,35	1,40	46,98	17,33
15	1,32	50,18	22,31	1,23	53,63	27,70	1,16	56,27	31,81
20	1,14	56,79	32,63	1,05	60,22	37,97	0,98	62,78	41,97
25	1,01	61,86	40,53	0,92	65,17	45,69	0,86	67,61	49,50
30	0,90	65,86	46,77	0,82	69,02	51,70	0,76	71,33	55,29
35	0,82	69,10	51,82	0,74	72,11	56,51	0,68	74,28	59,90
40	0,75	71,78	56,00	0,67	74,64	60,45	0,62	76,68	63,64
45	0,69	74,03	59,51	0,61	76,74	63,73	0,56	78,67	66,75
50	0,64	75,95	62,50	0,57	78,53	66,51	0,52	80,35	69,36
55	0,59	77,61	65,08	0,53	80,06	68,90	0,48	81,79	71,60
60	0,55	79,05	67,33	0,49	81,38	70,97	0,45	83,02	73,53
70	0,49	81,44	71,06	0,43	83,57	74,38	0,39	85,06	76,70
80	0,44	83,34	74,02	0,39	85,29	77,07	0,35	86,65	79,19
90	0,40	84,89	76,43	0,35	86,69	79,25	0,32	87,94	81,20
100	0,37	86,17	78,44	0,32	87,85	81,05	0,29	89,00	82,85
Muro 2	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	3,44	0,00	-103,10	3,44	0,00	-103,10	3,44	0,00	-103,10
5	2,63	23,48	-55,41	2,54	26,29	-49,71	2,46	28,57	-45,08
10	2,13	38,03	-25,85	2,01	41,63	-18,54	1,91	44,44	-12,85
15	1,79	47,94	-5,74	1,66	51,69	1,88	1,56	54,54	7,67
20	1,55	55,11	8,83	1,42	58,79	16,31	1,32	61,53	21,87
25	1,36	60,54	19,87	1,24	64,07	27,03	1,15	66,66	32,29
30	1,21	64,81	28,52	1,10	68,15	35,32	1,01	70,58	40,25
35	1,09	68,24	35,49	0,98	71,40	41,92	0,91	73,68	46,54
40	1,00	71,06	41,22	0,89	74,05	47,29	0,82	76,19	51,63
45	0,92	73,42	46,01	0,82	76,25	51,76	0,75	78,26	55,84
50	0,85	75,42	50,09	0,75	78,10	55,53	0,69	80,00	59,37
55	0,79	77,15	53,59	0,70	79,69	58,75	0,64	81,48	62,38
60	0,74	78,65	56,63	0,65	81,06	61,53	0,59	82,76	64,98
70	0,65	81,12	61,65	0,57	83,32	66,11	0,52	84,85	69,22
80	0,58	83,08	65,64	0,51	85,09	69,72	0,47	86,48	72,55
90	0,53	84,67	68,87	0,46	86,52	72,63	0,42	87,80	75,23
100	0,48	85,99	71,55	0,42	87,71	75,03	0,38	88,89	77,43

CALAMA									
Techum.	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	8,64	0,00	-1342,06	8,64	0,00	-1342,06	8,64	0,00	-1342,06
5	4,31	50,10	-619,56	3,98	53,85	-565,49	3,74	56,68	-524,72
10	2,87	66,76	-379,38	2,59	70,00	-332,56	2,39	72,35	-298,72
15	2,15	75,08	-259,42	1,92	77,78	-220,41	1,75	79,70	-192,80
20	1,72	80,07	-187,47	1,52	82,36	-154,44	1,39	83,96	-131,34
25	1,43	83,39	-139,53	1,26	85,37	-111,00	1,14	86,74	-91,21
30	1,23	85,76	-105,29	1,08	87,50	-80,23	0,98	88,70	-62,94
35	1,08	87,54	-79,62	0,94	89,09	-57,29	0,85	90,16	-41,96
40	0,96	88,93	-59,65	0,84	90,32	-39,53	0,75	91,28	-25,76
45	0,86	90,04	-43,68	0,75	91,31	-25,37	0,68	92,17	-12,88
50	0,78	90,94	-30,61	0,68	92,11	-13,83	0,61	92,90	-2,39
55	0,72	91,70	-19,72	0,62	92,77	-4,23	0,56	93,50	6,31
60	0,66	92,34	-10,51	0,58	93,33	3,88	0,52	94,01	13,65
70	0,57	93,36	4,23	0,50	94,23	16,82	0,45	94,82	25,35
80	0,51	94,14	15,50	0,44	94,92	26,69	0,39	95,44	34,25
90	0,45	94,76	24,39	0,39	95,46	34,46	0,35	95,93	41,26
100	0,41	95,26	31,60	0,35	95,89	40,75	0,32	96,32	46,92
110	0,37	95,67	37,55	0,32	96,25	45,93	0,29	96,64	51,58
120	0,34	96,02	42,54	0,30	96,55	50,28	0,27	96,91	55,49
130	0,32	96,31	46,80	0,28	96,81	53,99	0,25	97,14	58,82
SANTIAGO									
Techum.	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	5,81	0,00	-1136,52	5,81	0,00	-1136,52	5,81	0,00	-1136,52
5	3,47	40,30	-638,21	3,25	43,96	-592,92	3,09	46,80	-557,87
10	2,47	57,45	-426,16	2,26	61,07	-381,33	2,10	63,76	-348,15
15	1,92	66,94	-308,75	1,73	70,18	-268,73	1,60	72,52	-239,82
20	1,57	72,97	-234,18	1,40	75,83	-198,82	1,28	77,87	-173,67
25	1,33	77,14	-182,62	1,18	79,68	-151,20	1,08	81,47	-129,07
30	1,15	80,20	-144,85	1,02	82,48	-116,67	0,92	84,07	-96,98
35	1,01	82,53	-115,98	0,89	84,60	-90,48	0,81	86,03	-72,77
40	0,91	84,38	-93,20	0,80	86,26	-69,95	0,72	87,56	-53,86
45	0,82	85,87	-74,77	0,72	87,59	-53,41	0,65	88,78	-38,68
50	0,75	87,10	-59,54	0,66	88,69	-39,80	0,59	89,79	-26,23
55	0,69	88,13	-46,76	0,60	89,62	-28,41	0,54	90,63	-15,83
60	0,64	89,01	-35,88	0,56	90,40	-18,74	0,50	91,35	-7,01
70	0,56	90,43	-18,32	0,48	91,65	-3,19	0,44	92,49	7,13
80	0,49	91,53	-4,79	0,43	92,62	8,76	0,39	93,37	17,97
90	0,44	92,40	5,97	0,38	93,39	18,22	0,34	94,06	26,54
100	0,40	93,10	14,73	0,35	94,01	25,91	0,31	94,62	33,49
110	0,37	93,69	21,99	0,32	94,52	32,28	0,29	95,09	39,24
120	0,34	94,19	28,11	0,29	94,96	37,64	0,26	95,48	44,07
130	0,31	94,61	33,34	0,27	95,33	42,21	0,24	95,81	48,20

CONCEPCION									
Techum.	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		s/aislación	c/norma		s/aislación	c/norma		s/aislación	c/norma
Espeor	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	4,18	0,00	-999,69	4,18	0,00	-999,69	4,18	0,00	-999,69
5	3,06	26,90	-703,88	2,93	29,95	-670,28	2,83	32,41	-643,29
10	2,41	42,40	-533,48	2,25	46,10	-492,73	2,13	48,95	-461,36
15	1,99	52,47	-422,68	1,83	56,20	-381,70	1,71	58,99	-350,98
20	1,69	59,55	-344,87	1,54	63,11	-305,70	1,43	65,73	-276,87
25	1,47	64,79	-287,23	1,33	68,14	-250,41	1,23	70,57	-223,68
30	1,30	68,83	-242,81	1,17	71,96	-208,39	1,08	74,21	-183,65
35	1,17	72,03	-207,53	1,05	74,96	-175,37	0,96	77,05	-152,43
40	1,06	74,64	-178,84	0,95	77,38	-148,73	0,86	79,32	-127,40
45	0,97	76,81	-155,04	0,86	79,38	-126,79	0,79	81,19	-106,89
50	0,89	78,63	-134,99	0,79	81,05	-108,41	0,72	82,74	-89,77
55	0,83	80,19	-117,86	0,73	82,47	-92,79	0,67	84,06	-75,27
60	0,77	81,54	-103,05	0,68	83,69	-79,34	0,62	85,19	-62,82
70	0,68	83,74	-78,76	0,60	85,69	-57,39	0,54	87,03	-42,58
80	0,61	85,48	-59,66	0,53	87,25	-40,22	0,48	88,47	-26,81
90	0,55	86,88	-44,25	0,48	88,50	-26,43	0,43	89,62	-14,18
100	0,50	88,04	-31,55	0,44	89,53	-15,11	0,39	90,56	-3,84
110	0,46	89,01	-20,90	0,40	90,39	-5,65	0,36	91,34	4,78
120	0,43	89,83	-11,85	0,37	91,12	2,37	0,33	92,00	12,08
130	0,40	90,54	-4,06	0,35	91,75	9,26	0,31	92,57	18,34
140	0,37	91,15	2,71	0,32	92,29	15,24	0,29	93,07	23,77

CALAMA									
Pisos Vent.	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		s/aislación	c/norma		s/aislación	c/norma		s/aislación	c/norma
Espeor	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	4,21	0,00	-384,24	4,21	0,00	-384,24	4,21	0,00	-384,24
5	2,59	38,48	-197,91	2,47	41,34	-184,04	2,37	43,62	-172,99
10	1,99	52,72	-128,95	1,85	56,02	-112,96	1,75	58,54	-100,78
15	1,62	61,61	-85,91	1,48	64,82	-70,33	1,38	67,21	-58,78
20	1,36	67,68	-56,49	1,23	70,69	-41,93	1,14	72,88	-31,31
25	1,17	72,10	-35,11	1,06	74,88	-21,64	0,97	76,88	-11,94
30	1,03	75,45	-18,87	0,93	78,02	-6,43	0,85	79,85	2,45
35	0,92	78,09	-6,12	0,82	80,47	5,40	0,75	82,15	13,56
40	0,83	80,21	4,16	0,74	82,42	14,87	0,67	83,97	22,40
45	0,76	81,96	12,63	0,67	84,02	22,61	0,61	85,46	29,59
50	0,70	83,42	19,72	0,62	85,35	29,06	0,56	86,69	35,57
55	0,65	84,67	25,75	0,57	86,48	34,52	0,52	87,74	40,61
60	0,60	85,74	30,93	0,53	87,44	39,20	0,48	88,63	44,92
70	0,53	87,49	39,40	0,46	89,01	46,80	0,42	90,07	51,90
80	0,47	88,85	46,01	0,41	90,23	52,71	0,37	91,18	57,31
90	0,42	89,95	51,33	0,37	91,21	57,44	0,33	92,08	61,63
100	0,39	90,85	55,69	0,34	92,01	61,31	0,30	92,80	65,15
110	0,35	91,60	59,33	0,31	92,68	64,54	0,28	93,41	68,08
120	0,33	92,24	62,42	0,28	93,24	67,26	0,26	93,92	70,56
130	0,30	92,79	65,08	0,26	93,72	69,60	0,24	94,36	72,68

SANTIAGO									
Pisos Vent.	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		s/aislación	c/norma		s/aislación	c/norma		s/aislación	c/norma
Espesor	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	2,05	0,00	-193,34	2,05	0,00	-193,34	2,05	0,00	-193,34
5	1,57	23,35	-124,84	1,53	25,56	-118,36	1,49	27,38	-113,03
10	1,33	35,20	-90,08	1,27	38,29	-81,01	1,22	40,75	-73,80
15	1,15	43,88	-64,64	1,08	47,31	-54,57	1,03	49,97	-46,77
20	1,02	50,50	-45,20	0,94	54,02	-34,87	0,89	56,70	-27,02
25	0,91	55,73	-29,87	0,84	59,22	-19,62	0,78	61,84	-11,95
30	0,82	59,96	-17,46	0,75	63,36	-7,47	0,70	65,88	-0,08
35	0,75	63,45	-7,22	0,68	66,74	2,43	0,63	69,15	9,51
40	0,69	66,38	1,38	0,62	69,55	10,67	0,58	71,85	17,43
45	0,64	68,88	8,70	0,58	71,92	17,62	0,53	74,12	24,07
50	0,59	71,03	15,01	0,53	73,95	23,57	0,49	76,04	29,73
55	0,56	72,90	20,50	0,50	75,70	28,72	0,46	77,70	34,60
60	0,52	74,55	25,33	0,47	77,23	33,22	0,43	79,15	38,83
70	0,47	77,30	33,42	0,41	79,79	40,70	0,38	81,54	45,85
80	0,42	79,52	39,92	0,37	81,82	46,68	0,34	83,44	51,43
90	0,38	81,34	45,27	0,34	83,49	51,56	0,31	84,99	55,96
100	0,35	82,87	49,74	0,31	84,87	55,62	0,28	86,27	59,72
110	0,32	84,16	53,54	0,29	86,04	59,06	0,26	87,35	62,89
120	0,30	85,27	56,80	0,27	87,05	62,00	0,24	88,27	65,59
130	0,28	86,24	59,64	0,25	87,91	64,54	0,22	89,07	67,93
CONCEPCION									
Pisos Vent.	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		s/aislación	c/norma		s/aislación	c/norma		s/aislación	c/norma
Espesor	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	2,19	0,00	-266,32	2,19	0,00	-266,32	2,19	0,00	-266,32
5	1,65	24,57	-176,29	1,60	26,86	-167,94	1,56	28,73	-161,08
10	1,39	36,74	-131,72	1,32	39,89	-120,20	1,26	42,38	-111,08
15	1,19	45,53	-99,53	1,12	48,98	-86,89	1,06	51,64	-77,15
20	1,05	52,18	-75,19	0,97	55,68	-62,34	0,91	58,34	-52,62
25	0,93	57,38	-56,14	0,86	60,83	-43,49	0,80	63,40	-34,06
30	0,84	61,55	-40,83	0,77	64,90	-28,56	0,72	67,37	-19,52
35	0,77	64,99	-28,25	0,70	68,21	-16,45	0,65	70,56	-7,83
40	0,71	67,86	-17,74	0,64	70,95	-6,42	0,59	73,19	1,78
45	0,65	70,29	-8,82	0,59	73,25	2,02	0,54	75,38	9,82
50	0,61	72,39	-1,15	0,54	75,22	9,21	0,50	77,24	16,64
55	0,57	74,20	5,50	0,51	76,91	15,43	0,46	78,84	22,50
60	0,53	75,80	11,34	0,47	78,39	20,84	0,43	80,23	27,59
70	0,47	78,46	21,08	0,42	80,85	29,83	0,38	82,53	36,00
80	0,43	80,59	28,89	0,38	82,80	36,99	0,34	84,35	42,66
90	0,39	82,34	35,30	0,34	84,39	42,82	0,31	85,82	48,06
100	0,36	83,80	40,65	0,31	85,71	47,66	0,28	87,04	52,54
110	0,33	85,03	45,18	0,29	86,83	51,75	0,26	88,07	56,30
120	0,30	86,10	49,07	0,27	87,78	55,24	0,24	88,95	59,51
130	0,28	87,02	52,44	0,25	88,61	58,27	0,23	89,70	62,28

Tabla N° E.2.: "Ahorro flujo de calor en complejos de la vivienda de 1 piso"

CALAMA									
Muro	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	2,67	0,00	11,95	2,67	0,00	11,95	2,67	0,00	11,95
5	1,93	27,49	36,16	1,87	30,04	38,40	1,81	32,12	40,23
10	1,58	40,81	47,88	1,49	44,13	50,81	1,42	46,73	53,10
15	1,33	49,99	55,97	1,24	53,50	59,06	1,17	56,17	61,41
20	1,16	56,71	61,88	1,06	60,18	64,94	0,99	62,77	67,22
25	1,02	61,83	66,40	0,93	65,18	69,34	0,86	67,64	71,51
30	0,91	65,87	69,95	0,83	69,06	72,76	0,76	71,38	74,80
35	0,82	69,14	72,83	0,74	72,17	75,49	0,68	74,35	77,42
40	0,75	71,84	75,20	0,67	74,70	77,73	0,62	76,76	79,54
45	0,69	74,10	77,20	0,62	76,82	79,59	0,57	78,76	81,30
50	0,64	76,03	78,89	0,57	78,61	81,16	0,52	80,44	82,77
55	0,60	77,69	80,35	0,53	80,14	82,51	0,48	81,87	84,04
60	0,56	79,13	81,63	0,49	81,47	83,68	0,45	83,11	85,13
70	0,49	81,52	83,73	0,44	83,65	85,61	0,40	85,14	86,91
80	0,44	83,42	85,41	0,39	85,38	87,12	0,35	86,73	88,32
90	0,40	84,97	86,77	0,35	86,77	88,35	0,32	88,02	89,45
100	0,37	86,25	87,90	0,32	87,92	89,37	0,29	89,08	90,38
SANTIAGO									
Muro	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	2,39	0,00	-26,73	2,39	0,00	-26,73	2,39	0,00	-26,73
5	1,76	26,21	6,48	1,71	28,59	9,49	1,66	30,53	11,96
10	1,46	38,77	22,40	1,39	41,98	26,46	1,33	44,50	29,66
15	1,25	47,68	33,69	1,17	51,14	38,07	1,10	53,79	41,44
20	1,09	54,32	42,11	1,01	57,80	46,52	0,95	60,42	49,84
25	0,97	59,47	48,64	0,89	62,86	52,94	0,83	65,38	56,13
30	0,87	63,58	53,84	0,79	66,84	57,98	0,74	69,24	61,02
35	0,79	66,93	58,08	0,72	70,05	62,05	0,66	72,32	64,93
40	0,72	69,71	61,61	0,65	72,69	65,39	0,60	74,85	68,12
45	0,67	72,06	64,60	0,60	74,91	68,20	0,55	76,95	70,78
50	0,62	74,08	67,15	0,55	76,79	70,59	0,51	78,72	73,04
55	0,58	75,82	69,36	0,52	78,41	72,64	0,47	80,25	74,97
60	0,54	77,34	71,29	0,48	79,82	74,42	0,44	81,57	76,64
70	0,48	79,88	74,50	0,43	82,15	77,37	0,39	83,74	79,39
80	0,43	81,90	77,07	0,38	83,99	79,71	0,35	85,45	81,56
90	0,39	83,56	79,16	0,35	85,49	81,62	0,31	86,84	83,32
100	0,36	84,94	80,91	0,32	86,74	83,19	0,29	87,99	84,77

CONCEPCION									
Muro	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	2,61	0,00	-54,25	2,61	0,00	-54,25	2,61	0,00	-54,25
5	1,88	27,97	-11,11	1,82	30,44	-7,30	1,77	32,45	-4,19
10	1,54	40,91	8,85	1,46	44,16	13,87	1,39	46,71	17,80
15	1,31	49,91	22,73	1,22	53,36	28,06	1,15	56,00	32,13
20	1,14	56,53	32,94	1,05	59,96	38,24	0,98	62,53	42,20
25	1,00	61,60	40,77	0,92	64,92	45,89	0,85	67,37	49,67
30	0,90	65,62	46,96	0,82	68,79	51,86	0,76	71,11	55,43
35	0,81	68,87	51,98	0,73	71,89	56,64	0,68	74,07	60,01
40	0,74	71,56	56,13	0,67	74,43	60,56	0,61	76,49	63,73
45	0,68	73,82	59,62	0,61	76,55	63,83	0,56	78,49	66,82
50	0,63	75,75	62,60	0,57	78,34	66,59	0,52	80,18	69,43
55	0,59	77,42	65,17	0,53	79,88	68,97	0,48	81,62	71,65
60	0,55	78,87	67,40	0,49	81,22	71,03	0,45	82,87	73,58
70	0,49	81,28	71,12	0,43	83,42	74,42	0,39	84,92	76,73
80	0,44	83,19	74,07	0,39	85,16	77,10	0,35	86,53	79,22
90	0,40	84,75	76,47	0,35	86,57	79,28	0,32	87,83	81,22
100	0,36	86,04	78,47	0,32	87,73	81,07	0,29	88,90	82,87

CALAMA									
Techum.	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	8,64	0,00	-1342,06	8,64	0,00	-1342,06	8,64	0,00	-1342,06
5	4,31	50,10	-619,56	3,98	53,85	-565,49	3,74	56,68	-524,72
10	2,87	66,76	-379,38	2,59	70,00	-332,56	2,39	72,35	-298,72
15	2,15	75,08	-259,42	1,92	77,78	-220,41	1,75	79,70	-192,80
20	1,72	80,07	-187,47	1,52	82,36	-154,44	1,39	83,96	-131,34
25	1,43	83,39	-139,53	1,26	85,37	-111,00	1,14	86,74	-91,21
30	1,23	85,76	-105,29	1,08	87,50	-80,23	0,98	88,70	-62,94
35	1,08	87,54	-79,62	0,94	89,09	-57,29	0,85	90,16	-41,96
40	0,96	88,93	-59,65	0,84	90,32	-39,53	0,75	91,28	-25,76
45	0,86	90,04	-43,68	0,75	91,31	-25,37	0,68	92,17	-12,88
50	0,78	90,94	-30,61	0,68	92,11	-13,83	0,61	92,90	-2,39
55	0,72	91,70	-19,72	0,62	92,77	-4,23	0,56	93,50	6,31
60	0,66	92,34	-10,51	0,58	93,33	3,88	0,52	94,01	13,65
70	0,57	93,36	4,23	0,50	94,23	16,82	0,45	94,82	25,35
80	0,51	94,14	15,50	0,44	94,92	26,69	0,39	95,44	34,25
90	0,45	94,76	24,39	0,39	95,46	34,46	0,35	95,93	41,26
100	0,41	95,26	31,60	0,35	95,89	40,75	0,32	96,32	46,92
110	0,37	95,67	37,55	0,32	96,25	45,93	0,29	96,64	51,58
120	0,34	96,02	42,54	0,30	96,55	50,28	0,27	96,91	55,49
130	0,32	96,31	46,80	0,28	96,81	53,99	0,25	97,14	58,82

SANTIAGO									
Techum.	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	3,73	0,00	-694,41	3,73	0,00	-694,41	3,73	0,00	-694,41
5	2,77	25,77	-489,67	2,66	28,75	-466,02	2,57	31,15	-446,96
10	2,20	40,98	-368,84	2,06	44,66	-339,63	1,96	47,50	-317,05
15	1,83	51,02	-289,11	1,69	54,76	-259,38	1,58	57,58	-237,01
20	1,56	58,14	-232,55	1,43	61,74	-203,90	1,33	64,41	-182,74
25	1,36	63,45	-190,35	1,24	66,86	-163,27	1,14	69,34	-143,53
30	1,21	67,57	-157,66	1,09	70,77	-132,21	1,00	73,08	-113,87
35	1,09	70,85	-131,58	0,98	73,85	-107,71	0,90	76,00	-90,65
40	0,99	73,53	-110,29	0,88	76,35	-87,89	0,81	78,35	-71,98
45	0,90	75,76	-92,59	0,81	78,41	-71,52	0,74	80,28	-56,64
50	0,83	77,64	-77,64	0,74	80,14	-57,78	0,68	81,90	-43,81
55	0,77	79,25	-64,84	0,69	81,61	-46,07	0,62	83,27	-32,92
60	0,72	80,64	-53,76	0,64	82,88	-35,98	0,58	84,45	-23,57
70	0,64	82,94	-35,55	0,56	84,96	-19,48	0,51	86,36	-8,32
80	0,57	84,74	-21,19	0,50	86,59	-6,55	0,45	87,86	3,57
90	0,51	86,21	-9,58	0,45	87,90	3,86	0,41	89,06	13,12
100	0,47	87,41	0,00	0,41	88,97	12,41	0,37	90,05	20,94
110	0,43	88,42	8,04	0,38	89,88	19,57	0,34	90,87	27,47
120	0,40	89,29	14,88	0,35	90,64	25,65	0,31	91,57	33,01
130	0,37	90,03	20,77	0,32	91,30	30,87	0,29	92,16	37,76
CONCEPCION									
Techum.	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	8,18	0,00	-2051,19	8,18	0,00	-2051,19	8,18	0,00	-2051,19
5	4,19	48,75	-1002,55	3,89	52,50	-921,78	3,65	55,34	-860,65
10	2,82	65,54	-641,23	2,55	68,85	-570,02	2,35	71,25	-518,40
15	2,12	74,05	-458,27	1,90	76,83	-398,42	1,73	78,80	-355,96
20	1,70	79,19	-347,76	1,51	81,55	-296,80	1,37	83,21	-261,11
25	1,42	82,63	-273,76	1,25	84,68	-229,60	1,14	86,10	-198,92
30	1,22	85,09	-220,76	1,07	86,90	-181,87	0,97	88,15	-155,01
35	1,07	86,94	-180,92	0,94	88,55	-146,21	0,85	89,66	-122,34
40	0,95	88,38	-149,88	0,83	89,84	-118,56	0,75	90,84	-97,10
45	0,86	89,54	-125,02	0,75	90,87	-96,49	0,67	91,77	-77,00
50	0,78	90,49	-104,66	0,68	91,70	-78,47	0,61	92,53	-60,62
55	0,71	91,28	-87,68	0,62	92,40	-63,48	0,56	93,17	-47,02
60	0,66	91,94	-73,30	0,57	92,99	-50,81	0,52	93,70	-35,54
70	0,57	93,01	-50,27	0,50	93,93	-30,58	0,45	94,55	-17,23
80	0,50	93,83	-32,65	0,44	94,65	-15,13	0,39	95,20	-3,28
90	0,45	94,48	-18,72	0,39	95,21	-2,95	0,35	95,71	7,70
100	0,41	95,01	-7,44	0,35	95,67	6,90	0,32	96,12	16,58
110	0,37	95,44	1,88	0,32	96,05	15,03	0,29	96,46	23,89
120	0,34	95,80	9,71	0,30	96,37	21,85	0,27	96,75	30,03
130	0,32	96,11	16,39	0,28	96,64	27,66	0,25	96,99	35,25

Tabla N° E.3.: "Ahorro flujo de calor en complejos del departamento"

CALAMA									
Muro	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	3,89	0,00	-28,41	3,89	0,00	-28,41	3,89	0,00	-28,41
5	2,47	36,63	18,62	2,36	39,44	22,24	2,27	41,69	25,13
10	1,92	50,75	36,76	1,79	54,07	41,02	1,69	56,61	44,28
15	1,57	59,73	48,28	1,44	63,01	52,49	1,34	65,45	55,63
20	1,33	65,93	56,25	1,21	69,03	60,23	1,12	71,30	63,14
25	1,15	70,48	62,10	1,04	73,37	65,80	0,96	75,45	68,48
30	1,01	73,96	66,56	0,91	76,64	70,00	0,83	78,55	72,46
35	0,91	76,71	70,09	0,81	79,19	73,28	0,74	80,96	75,55
40	0,82	78,93	72,94	0,73	81,25	75,92	0,67	82,88	78,02
45	0,75	80,76	75,29	0,66	82,93	78,08	0,61	84,45	80,03
50	0,69	82,30	77,27	0,61	84,34	79,89	0,55	85,76	81,71
55	0,64	83,61	78,96	0,56	85,53	81,42	0,51	86,86	83,13
60	0,59	84,74	80,41	0,52	86,55	82,73	0,47	87,81	84,34
70	0,52	86,60	82,79	0,46	88,22	84,87	0,41	89,34	86,31
80	0,47	88,05	84,65	0,41	89,52	86,54	0,37	90,53	87,84
90	0,42	89,21	86,15	0,37	90,56	87,88	0,33	91,48	89,06
100	0,38	90,17	87,38	0,33	91,41	88,97	0,30	92,26	90,06
SANTIAGO									
Muro	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	3,26	0,00	-72,65	3,26	0,00	-72,65	3,26	0,00	-72,65
5	2,20	32,61	-16,35	2,11	35,29	-11,73	2,04	37,45	-8,00
10	1,75	46,31	7,31	1,64	49,63	13,05	1,56	52,20	17,48
15	1,45	55,39	22,97	1,34	58,77	28,83	1,26	61,33	33,23
20	1,24	61,83	34,11	1,14	65,11	39,76	1,06	67,53	43,93
25	1,09	66,66	42,43	0,99	69,75	47,78	0,91	72,01	51,68
30	0,96	70,39	48,89	0,87	73,31	53,92	0,80	75,41	57,54
35	0,87	73,38	54,04	0,78	76,11	58,76	0,71	78,07	62,14
40	0,79	75,82	58,25	0,70	78,39	62,68	0,64	80,21	65,84
45	0,72	77,85	61,75	0,64	80,26	65,93	0,59	81,97	68,88
50	0,67	79,56	64,71	0,59	81,84	68,65	0,54	83,45	71,42
55	0,62	81,03	67,25	0,55	83,19	70,97	0,50	84,70	73,58
60	0,58	82,30	69,45	0,51	84,34	72,97	0,46	85,77	75,43
70	0,51	84,39	73,06	0,45	86,24	76,25	0,41	87,52	78,46
80	0,45	86,04	75,91	0,40	87,73	78,81	0,36	88,89	80,82
90	0,41	87,38	78,21	0,36	88,92	80,88	0,33	89,99	82,72
100	0,38	88,48	80,11	0,33	89,91	82,58	0,30	90,89	84,27

CONCEPCION									
Muro	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	3,44	0,00	-103,23	3,44	0,00	-103,23	3,44	0,00	-103,23
5	2,28	33,85	-34,44	2,18	36,57	-28,90	2,11	38,76	-24,45
10	1,80	47,70	-6,28	1,69	51,03	0,48	1,60	53,59	5,69
15	1,49	56,76	12,13	1,37	60,12	18,95	1,29	62,64	24,08
20	1,27	63,14	25,10	1,16	66,36	31,64	1,08	68,74	36,47
25	1,11	67,88	34,73	1,00	70,92	40,90	0,93	73,12	45,38
30	0,98	71,54	42,17	0,88	74,38	47,94	0,81	76,43	52,10
35	0,88	74,46	48,09	0,79	77,11	53,49	0,72	79,01	57,34
40	0,80	76,83	52,91	0,71	79,32	57,97	0,65	81,08	61,56
45	0,73	78,79	56,91	0,65	81,13	61,66	0,59	82,78	65,01
50	0,67	80,45	60,28	0,60	82,66	64,75	0,54	84,20	67,90
55	0,62	81,87	63,16	0,55	83,95	67,39	0,50	85,41	70,34
60	0,58	83,10	65,66	0,51	85,07	69,65	0,47	86,44	72,44
70	0,51	85,12	69,75	0,45	86,89	73,36	0,41	88,12	75,86
80	0,46	86,70	72,97	0,40	88,32	76,26	0,36	89,43	78,52
90	0,41	87,98	75,58	0,36	89,46	78,58	0,33	90,48	80,65
100	0,38	89,04	77,72	0,33	90,40	80,50	0,30	91,34	82,40

CALAMA									
Techum.	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	4,70	0,00	-685,15	4,70	0,00	-685,15	4,70	0,00	-685,15
5	3,04	35,35	-407,63	2,87	38,85	-380,11	2,75	41,60	-358,52
10	2,25	52,23	-275,06	2,07	55,96	-245,78	1,94	58,76	-223,81
15	1,78	62,12	-197,40	1,62	65,59	-170,18	1,50	68,12	-150,28
20	1,48	68,62	-146,38	1,33	71,76	-121,71	1,22	74,02	-103,97
25	1,26	73,21	-110,30	1,13	76,06	-87,98	1,03	78,08	-72,12
30	1,10	76,64	-83,44	0,98	79,22	-63,16	0,89	81,04	-48,87
35	0,97	79,28	-62,66	0,86	81,64	-44,13	0,79	83,30	-31,15
40	0,87	81,39	-46,12	0,77	83,56	-29,08	0,70	85,07	-17,21
45	0,79	83,11	-32,62	0,70	85,11	-16,87	0,63	86,51	-5,94
50	0,73	84,54	-21,41	0,64	86,40	-6,77	0,58	87,69	3,35
55	0,67	85,74	-11,95	0,59	87,48	1,72	0,53	88,68	11,14
60	0,62	86,77	-3,85	0,55	88,40	8,96	0,49	89,53	17,77
70	0,54	88,44	9,27	0,48	89,89	20,65	0,43	90,89	28,45
80	0,48	89,74	19,45	0,42	91,04	29,68	0,38	91,93	36,67
90	0,43	90,78	27,57	0,38	91,96	36,87	0,34	92,77	43,20
100	0,39	91,62	34,21	0,34	92,70	42,72	0,31	93,44	48,50
110	0,36	92,32	39,73	0,31	93,32	47,58	0,28	94,00	52,91
120	0,33	92,92	44,40	0,29	93,85	51,68	0,26	94,47	56,61
130	0,31	93,43	48,39	0,27	94,29	55,18	0,24	94,88	59,78

SANTIAGO									
Techum.	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	3,81	0,00	-710,81	3,81	0,00	-710,81	3,81	0,00	-710,81
5	2,64	30,68	-462,04	2,51	33,97	-435,40	2,41	36,58	-414,23
10	2,02	46,96	-330,08	1,88	50,71	-299,65	1,77	53,56	-276,50
15	1,64	57,04	-248,30	1,50	60,68	-218,81	1,39	63,37	-196,97
20	1,37	63,91	-192,66	1,24	67,30	-165,18	1,15	69,76	-145,18
25	1,18	68,88	-152,34	1,07	72,00	-126,99	0,98	74,25	-108,77
30	1,04	72,65	-121,79	0,93	75,53	-98,41	0,85	77,58	-81,77
35	0,93	75,60	-97,84	0,83	78,26	-76,23	0,76	80,15	-60,96
40	0,84	77,98	-78,55	0,74	80,45	-58,51	0,68	82,19	-44,42
45	0,76	79,93	-62,69	0,68	82,24	-44,02	0,61	83,85	-30,97
50	0,70	81,57	-49,42	0,62	83,72	-31,97	0,56	85,22	-19,81
55	0,65	82,96	-38,15	0,57	84,98	-21,77	0,52	86,38	-10,40
60	0,60	84,16	-28,46	0,53	86,06	-13,04	0,48	87,38	-2,36
70	0,53	86,11	-12,66	0,46	87,81	1,14	0,42	88,98	10,65
80	0,47	87,63	-0,32	0,41	89,17	12,16	0,37	90,22	20,73
90	0,42	88,85	9,58	0,37	90,25	20,97	0,33	91,21	28,76
100	0,39	89,85	17,71	0,34	91,14	28,17	0,30	92,02	35,32
110	0,35	90,69	24,49	0,31	91,88	34,17	0,28	92,69	40,77
120	0,33	91,40	30,24	0,29	92,51	39,25	0,26	93,26	45,37
130	0,30	92,01	35,18	0,26	93,04	43,59	0,24	93,75	49,31
CONCEPCION									
Techum.	Poliestireno expandido 10kg/m ³			Lana mineral 90kg/m ³			Lana de vidrio 80kg/m ³		
		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>		<i>s/aislación</i>	<i>c/norma</i>
<i>Espesor</i>	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro	$\varphi(\Delta T)$	% Ahorro	% Ahorro
0	4,70	0,00	-1136,49	4,70	0,00	-1136,49	4,70	0,00	-1136,49
5	3,04	35,35	-699,44	2,87	38,85	-656,11	2,75	41,60	-622,10
10	2,25	52,23	-490,67	2,07	55,96	-444,55	1,94	58,76	-409,96
15	1,78	62,12	-368,36	1,62	65,59	-325,49	1,50	68,12	-294,16
20	1,48	68,62	-288,01	1,33	71,76	-249,16	1,22	74,02	-221,22
25	1,26	73,21	-231,19	1,13	76,06	-196,05	1,03	78,08	-171,06
30	1,10	76,64	-188,89	0,98	79,22	-156,96	0,89	81,04	-134,45
35	0,97	79,28	-156,17	0,86	81,64	-126,99	0,79	83,30	-106,55
40	0,87	81,39	-130,11	0,77	83,56	-103,28	0,70	85,07	-84,58
45	0,79	83,11	-108,86	0,70	85,11	-84,06	0,63	86,51	-66,84
50	0,73	84,54	-91,20	0,64	86,40	-68,15	0,58	87,69	-52,21
55	0,67	85,74	-76,30	0,59	87,48	-54,78	0,53	88,68	-39,94
60	0,62	86,77	-63,55	0,55	88,40	-43,38	0,49	89,53	-29,50
70	0,54	88,44	-42,89	0,48	89,89	-24,96	0,43	90,89	-12,69
80	0,48	89,74	-26,86	0,42	91,04	-10,74	0,38	91,93	0,26
90	0,43	90,78	-14,06	0,38	91,96	0,57	0,34	92,77	10,54
100	0,39	91,62	-3,61	0,34	92,70	9,79	0,31	93,44	18,90
110	0,36	92,32	5,08	0,31	93,32	17,44	0,28	94,00	25,83
120	0,33	92,92	12,43	0,29	93,85	23,90	0,26	94,47	31,67
130	0,31	93,43	18,73	0,27	94,29	29,42	0,24	94,88	36,66

F. ENERGÍA CAPTADA A TRAVÉS DE VENTANAS SEGÚN LA ORIENTACION DE LAS VIVIENDAS EN ESTUDIO

Tabla N° F.1.: “Energía captada a través de ventanas según orientación de fachada de vivienda 2 pisos - Caso pareada”

CALAMA									
Vista	Área [m ²]	Orientación	Radiación [kWh/m ²]	Orientación 1			Orientación 2		
				O=principal	S=lateral 1	E=posterior	N=principal	O=lateral 1	S=posterior
Principal	4,27	S	44	2068	13	2491	2207	148	217
Lateral 1	0,31	SE	229	4572 kWh			2572 kWh Mínimo		
Posterior	4,90	E	508						
		NE	577	4701 kWh Máximo			3612 kWh		
		N	516						
		NO	567						
		O	484						
		SO	216						
				Orientación 3			Orientación 4		
				E=principal	N=lateral 1	O=posterior	NO=principal	SO=lateral 1	SE=posterior
				2172	158	2372	2423	66	1123
SANTIAGO									
Vista	Área [m ²]	Orientación	Radiación [kWh/m ²]	Orientación 1			Orientación 2		
				S=principal	E=lateral 1	N=posterior	E=principal	N=lateral 1	O=posterior
Principal	4,27	S	1	2	39	1271	543	79	604
Lateral 1	0,31	SE	29	1312 kWh Máximo			1226 kWh		
Posterior	4,90	E	127						
		NE	216	1238 kWh			1148 kWh Mínimo		
		N	259						
		NO	213						
		O	123						
		SO	29						
				Orientación 3			Orientación 4		
				SE=principal	NE=lateral 1	NO=posterior	N=principal	O=lateral 1	S=posterior
				125	66	1047	1108	38	3
CONCEPCION									
Vista	Área [m ²]	Orientación	Radiación [kWh/m ²]	Orientación 1			Orientación 2		
				S=principal	E=lateral 1	N=posterior	E=principal	N=lateral 1	O=posterior
Principal	4,27	S	3	13	49	1389	684	87	751
Lateral 1	0,31	SE	47	1451 kWh			1522 kWh Máximo		
Posterior	4,90	E	160						
		NE	250	1481 kWh			1273 kWh Mínimo		
		N	283						
		NO	246						
		O	153						
		SO	43						
				Orientación 3			Orientación 4		
				SE=principal	NE=lateral 1	NO=posterior	N=principal	O=lateral 1	S=posterior
				200	76	1205	1211	47	14

Tabla N° F.2.: “Energía captada a través de ventanas según orientación de fachada de vivienda 2 pisos - Caso continua”

SANTIAGO											
Vista	Área [m ²]	Orientación	Radiación [kWh/m ²]	Orientación 1		Orientación 2		Orientación 3		Orientación 4	
				S=principal	N=posterior	N=principal	S=posterior	O=principal	E=posterior	NE=principal	SO=posterior
Principal	4,27	S	44	189	2532	2207	217	2068	2491	2468	1060
Posterior	4,90	SE	229	2721 kWh		2424 kWh Mínimo		4559 kWh Máximo		3529 kWh	
		E	508								
		NE	577								
		N	516								
		NO	567								
		O	484								
		SO	216					Similar al revés			
SANTIAGO											
Vista	Área [m ²]	Orientación	Radiación [kWh/m ²]	Orientación 1		Orientación 2		Orientación 3		Orientación 4	
				S=principal	N=posterior	N=principal	S=posterior	O=principal	E=posterior	SO=principal	NE=posterior
Principal	4,27	S	1	2	1271	1108	3	526	623	123	1059
Posterior	4,90	SE	29	1273 kWh Máximo		1111 kWh Mínimo		1149 kWh		1182 kWh	
		E	127								
		NE	216								
		N	259								
		NO	213								
		O	123								
		SO	29								
CONCEPCION											
Vista	Área [m ²]	Orientación	Radiación [kWh/m ²]	Orientación 1		Orientación 2		Orientación 3		Orientación 4	
				S=principal	N=posterior	N=principal	S=posterior	O=principal	E=posterior	SO=principal	NE=posterior
Principal	4,27	S	3	13	1389	1211	14	655	784	185	1224
Posterior	4,90	SE	47	1402 kWh		1226 kWh Mínimo		1439 kWh Máximo		1409 kWh	
		E	160								
		NE	250								
		N	283								
		NO	246								
		O	153								
		SO	43								

Tabla N° F.3.: “Energía captada a través de ventanas según orientación de fachada de vivienda 1 piso - Caso aislada”

CALAMA											
Vista	Área [m ²]	Orientación	Radiación [kWh/m ²]	Orientación 1				Orientación 2			
				N=principal	E=lateral 1	O=lateral 2	S=posterior	E=principal	S=lateral 1	N=lateral 2	O=posterior
Principal	4,02	S	44	2076	788	1517	178	2043	69	1619	1945
Lateral 1	1,55	SE	229	4559 kWh Mínimo				5676 kWh Máximo			
Lateral 2	3,14	E	508								
Posterior	4,02	NE	577	5324 kWh				4775 kWh			
		N	516								
		NO	567								
		O	484								
		SO	216								
SANTIAGO											
Vista	Área [m ²]	Orientación	Radiación [kWh/m ²]	Orientación 1				Orientación 2			
				S=principal	O=lateral 1	E=lateral 2	N=posterior	E=principal	S=lateral 1	N=lateral 2	O=posterior
Principal	4,02	S	1	2	191	399	1042	511	1	813	495
Lateral 1	1,55	SE	29	1634 kWh				1820 kWh Máximo			
Lateral 2	3,14	E	127								
Posterior	4,02	NE	216	1699 kWh				1402 kWh Mínimo			
		N	259								
		NO	213								
		O	123								
		SO	29								
				869	46	669	116	858	335	90	118
CONCEPCION											
Vista	Área [m ²]	Orientación	Radiación [kWh/m ²]	Orientación 1				Orientación 2			
				N=principal	E=lateral 1	O=lateral 2	S=posterior	E=principal	S=lateral 1	N=lateral 2	O=posterior
Principal	4,02	S	3	1139	248	481	12	643	5	889	616
Lateral 1	1,55	SE	47	1880 kWh				2153 kWh Máximo			
Lateral 2	3,14	E	160								
Posterior	4,02	NE	250	2021 kWh				1699 kWh Mínimo			
		N	283								
		NO	246								
		O	153								
		SO	43								
				1003	72	771	174	988	387	136	188

Tabla N° F.4.: “Energía captada a través de ventanas según orientación de fachada departamento – Caso B: 2 fachadas expuestas”

CALAMA									
Vista	Área [m ²]	Orientación	Radiación [kWh/m ²]	Orientación 1		Orientación 2		Orientación 3	
				SO=principal	SE=lateral 1	SE=principal	SO=lateral 1	NE=principal	NO=lateral 1
Principal	7,49	S	44	1620	879	1716	830	4325	2175
Lateral 1	3,84	SE	229	2499 kWh		2546 kWh		6500 kWh Máximo	
		E	508						
		NE	577						
		N	516						
		NO	567	Orientación 4		Orientación 5		Orientación 6	
		O	484	NO=principal	NE=lateral 1	S=principal	O=lateral 1	S=principal	E=lateral 1
		SO	216	4246	2216	331	1857	331	1949
				6461 kWh		2187 kWh Mínimo		2280 kWh	
SANTIAGO									
Vista	Área [m ²]	Orientación	Radiación [kWh/m ²]	Orientación 1		Orientación 2			
				N=principal	E=lateral 1	S=principal	O=lateral 1		
Principal	7,49	S	1	1941	488	4	472		
Lateral 1	3,84	SE	29	2429 kWh		477 kWh			
		E	127						
		NE	216						
		N	259						
		NO	213	Orientación 3		Orientación 4			
		O	123	NE=principal	NO=lateral 1	SO=principal	SE=lateral 1		
		SO	29	1618	819	216	113		
				2437 kWh Máximo		328 kWh Mínimo			
CONCEPCION									
Vista	Área [m ²]	Orientación	Radiación [kWh/m ²]	Orientación 1		Orientación 2			
				N=principal	E=lateral 1	S=principal	O=lateral 1		
Principal	7,49	S	3	2123	614	22	588		
Lateral 1	3,84	SE	47	2736 kWh		610 kWh			
		E	160						
		NE	250						
		N	283						
		NO	246	Orientación 3		Orientación 4			
		O	153	NE=principal	NO=lateral 1	SO=principal	SE=lateral 1		
		SO	43	1869	943	325	179		
				2812 kWh Máximo		504 kWh Mínimo			

Tabla N° F.5.: “Energía captada a través de ventanas según orientación de fachada departamento – Caso D: 1 fachada expuesta”

CALAMA								
Vista	Área [m ²]	Orientación	Radiación [kWh/m ²]	Orientación 1 N=principal	Orientación 2 NE=principal	Orientación 3 NO=principal	Orientación 4 S=principal	Orientación 5 SO=principal
Principal	7,49	S	44	3868 kWh	4325 kWh Máximo	4246 kWh	331 kWh Mínimo	1620 kWh SE similar
		SE	229					
		E	508					
		NE	577					
		N	516					
		NO	567					
		O	484					
		SO	216					
SANTIAGO								
Vista	Área [m ²]	Orientación	Radiación [kWh/m ²]	Orientación 1 N=principal	Orientación 2 NE=principal	Orientación 3 S=principal	Orientación 4 SE=principal	
Principal	7,49	S	1	1941 kWh Máximo	1618 kWh	4 kWh Mínimo	220 kWh	
		SE	29					
		E	127					
		NE	216					
		N	259					
		NO	213					
		O	123					
		SO	29					
CONCEPCION								
Vista	Área [m ²]	Orientación	Radiación [kWh/m ²]	Orientación 1 N=principal	Orientación 2 NE=principal	Orientación 3 S=principal	Orientación 4 SO=principal	
Principal	7,49	S	3	2123 kWh Máximo	1869 kWh	22 kWh Mínimo	325 kWh	
		SE	47					
		E	160					
		NE	250					
		N	283					
		NO	246					
		O	153					
		SO	43					

