



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

**ESTUDIO DE PINTURAS AISLANTES TÉRMICAS Y SU POSIBLE APLICACIÓN  
PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN UN TIPO DE VIVIENDA**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**SEBASTIÁN JOANNON GARCÍA-HUIDOBRO**

PROFESOR GUIA:

ESTEBAN RUEDLINGER STANDEN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

MIGUEL ÁNGEL PÉREZ ÁRIAS

ÁNGEL NAVARRETE TRONCOSO

SANTIAGO DE CHILE

2016

RESUMEN DEL INFORME FINAL  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

POR : SEBASTIÁN JOANNON GARCÍA-HUIDOBRO

FECHA : 01/12/2016

PROFESOR GUÍA: ESTEBAN RUEDLINGER S.

ESTUDIO DE PINTURAS AISLANTES TÉRMICAS Y SU POSIBLE APLICACIÓN PARA  
EL AHORRO ENERGÉTICO EN UN TIPO DE VIVIENDA

El presente estudio tiene como principal objetivo comparar los aislantes de masa con la pintura aislante reflectiva, de manera de conocer los aportes y contraindicaciones para cada uno de ellos.

En primer lugar, para estudiar la pintura, se realizaron ensayos de conductividad térmica según la norma chilena NCh850 of.2008 a probetas de MDF con y sin pintura, de manera de obtener el diferencial aportado por esta. Luego se realizaron ensayos de reflectividad de la pintura según la norma americana ASTM E1918-06, que nos permite cuantificar que fracción de la radiación solar incidente sobre una superficie con esta pintura es reflejada, y su variación debido al envejecimiento de la pintura.

La modelación computacional nos permite comparar los gastos energéticos en la obtención de temperaturas de confort para una vivienda base, bajo distintas envolventes. Se obtuvieron reducciones de hasta un 85% en los gastos de refrigeración para la ciudad de Santiago, y de un 96% para la ciudad de Antofagasta al cambiar los aislantes de masa por la pintura reflectiva. Sin embargo, bajo estos mismos supuestos, se aumentaban los gastos en calefacción en un 270% y un 500% respectivamente. Debido a esto es que se estudiaron distintas envolventes combinando ambos tipos de aislación.

El análisis de los resultados obtenidos nos permite concluir que la implementación de aislantes de tipo reflectivo debe estar justificada en base a un análisis anual de gastos energéticos en la obtención de temperaturas de confort.

## Tabla de contenido

Capitulo 1. Introducción.....	1
1.1 Motivación.....	1
1.2 Objetivos y Alcance .....	3
1.2.1 Objetivo General .....	3
1.2.2 Objetivos Específicos	
Capitulo 2. Marco Teórico .....	4
2.1 Formas de Transmisión de Calor [1].....	4
2.1.1 Conducción .....	4
2.1.2 Convección .....	5
2.1.3 Radiación.....	5
2.2 Radiación Solar [2].....	6
2.2.1 Espectro electromagnético .....	6
2.2.2 Radiación Solar Incidente sobre la tierra [3] .....	7
2.3 Definiciones .....	8
2.3.1 Envoltente Térmica [4] .....	8
2.3.2 Confort Térmico [5] .....	9
2.3.3 Temperatura Base [4] .....	10
2.3.4 Grado-Día [4].....	10
2.3.5 Inercia Térmica [6] .....	11
2.4 Características Térmicas de los Materiales .....	11
2.4.1 Conductividad Térmica $\lambda$ [7] .....	11

2.4.2 Resistencia Térmica R [7].....	12
2.5 Coeficientes Volumétricos globales de perdidas térmicas .....	16
2.5.1 Coeficiente volumétrico de pérdidas globales [8].....	16
2.5.2 Coeficiente volumétrico de pérdidas totales [8] .....	17
2.6 Determinación del Gasto energético.....	18
2.7 Ganancias Solares [9].....	19
3. Reglamentación Térmica en Chile [4] .....	20
3.1 Zonificación climático habitacional.....	20
3.2 Exigencias de acondicionamiento térmico .....	21
3.2.1 Complejos de Techumbre, Muros y Pisos Ventilados.....	22
3.2.2 Exigencias para Ventanas .....	23
3.3 Tipos de Aislantes Térmicos .....	25
3.3.1 Aislantes de tipo resistivo .....	25
3.3.2 Aislantes de tipo reflectante .....	26
Capitulo 4. Estudio Propiedades térmicas Pintura Aislante.....	28
4.1 SUPERTHERM® .....	28
4.2 Determinación Resistencia Térmica .....	29
4.2.1 Ensayo Placa de Guarda .....	30
4.3 Aislación Por radiación .....	36
4.3.1 Reflectancia Solar.....	37
4.4 Efecto del polvo y envejecimiento en aislantes por radiación .....	42
4.4.1 Resultados del Ensayo .....	43

Capítulo 5. Modelación en Software DESIGNBUILDER.....	44
5.1 Vivienda Base .....	45
5.2 Zona térmica 3: Santiago .....	47
5.2.1 Modelo Base .....	48
5.2.2 Modelo 1 [10], [11] .....	56
5.2.3 Modelo 2 .....	64
5.2.4 Modelo 3 .....	71
5.2.5 Modelo 4 .....	78
5.2.6 Comparación de Modelos .....	85
5.3 Zona térmica 1: Antofagasta .....	92
5.3.1 Modelo Base .....	93
5.3.2 Modelo 1 .....	100
5.3.3 Modelo 2 .....	107
5.3.4 Modelo 3 .....	114
5.3.5 Comparación de Modelos .....	121
Capítulo 6. Evaluación económica .....	128
6.1 Costos para la Vivienda situada en Pudahuel.....	128
6.1.1 Costos de Calefacción .....	129
6.1.2 Costos de Refrigeración .....	130
6.1.3 Costos anuales en la obtención de temperaturas de Confort .....	132
6.2 Costos para la vivienda situada en Antofagasta .....	133
6.2.1 Costos de Calefacción .....	133

6.2.2 Costos de Refrigeración .....	135
6.2.3 Costos anuales en la obtención de temperaturas de Confort .....	136
Capitulo 7. Comentarios .....	137
7.1 Comentarios.....	137
7.1.1 Reglamentación Térmica en Chile .....	137
7.1.2 Vivienda modelada. ....	138
7.1.3 Ciudades estudiadas .....	138
Capitulo 8. Conclusiones.....	140
Bibliografía .....	141
Anexo A.1: Emisividad y Reflectividad SuperTherm .....	144
Anexo A.2: Ficha Idiem SuperTherm .....	147
Anexo B: Planos Vivienda modelada. ....	153

## **Capítulo 1. Introducción**

En las últimas décadas, tanto nacional como internacionalmente, se han hecho notar temáticas relacionadas con desarrollo sustentable, eficiencia energética, huella de carbono, entre otras debido al calentamiento global en que hoy todos somos parte, y que está afectando gravemente al cambio climático. Es por esto, que durante los últimos años se ha puesto en el foco de qué manera se puede revertir esta situación, o al menos ralentizarla. Así se han desarrollado nuevas tecnologías para la obtención de energía por medio de fuentes renovables no convencionales, y a su vez que su consumo sea de manera eficiente en todo tipo de ámbito; ya sea en iluminación, calefacción, refrigeración, etc.

De aquí nacen normativas y certificaciones internacionales que regulan y miden el uso energético a nivel habitacional, comercial, etc. en donde los gastos más considerables se ven en obtener el confort térmico, refrigerando en los meses de verano, y por otro lado en calefacción durante los meses de invierno. Para disminuir estos gastos se busca que el intercambio de calor entre la vivienda y el ambiente exterior sea el menor posible, es decir, que tenga una buena aislación térmica.

### **1.1 Motivación**

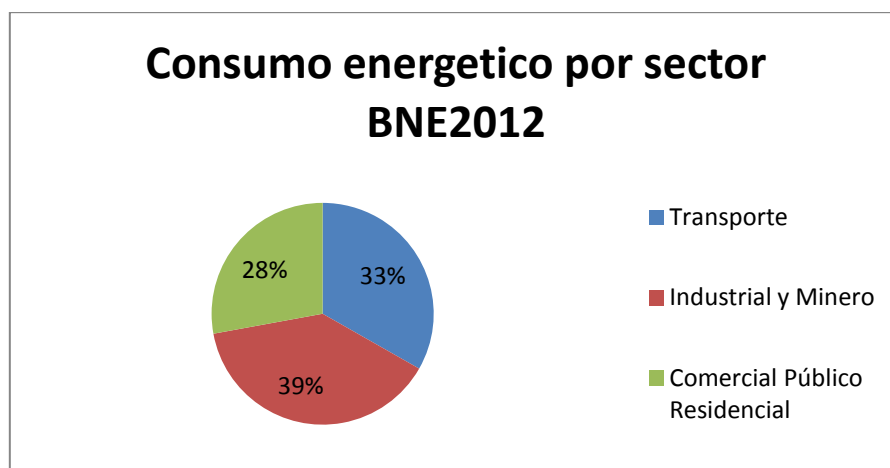
Los principales consumidores energéticos en el país se pueden dividir en tres grandes sectores; Industrial y minero, transporte, y por último el sector Comercial Público y residencial. Para los dos primeros sectores el consumo de energía se hace notar fuertemente en los costos, por lo que tratar de disminuir los gastos de energía en estos sectores se hace necesario. Por otra parte, para el sector Comercial Público y residencial los gastos en energía, aún no forman parte de las prioridades de este sector, ya que los costos asociados a estos no son lo suficientemente elevados frente a

otros servicios, situación que ha ido cambiando, ya que los recursos energéticos ven alzas en sus precios constantemente, lo que permitirá a los usuarios concientizarse frente al uso de ellos.

Por otra parte, si hablamos del sector habitacional, no muchos de los usuarios saben que su sector consume aproximadamente una tercera parte del requerimiento energético total del país, es por esto que optimizar las viviendas energéticamente, aparte de traer un beneficio al usuario directamente, trae un beneficio a nivel país, y nivel mundial. De aquí nace la inquietud de estudiar las pinturas aislantes térmicas, para conocer la incidencia que tiene la aplicación de estas sobre la envolvente de una vivienda, ya que estas no son mencionadas en la normativa nacional, y por otra parte, no se poseen tantos estudios, como si los hay para los aislantes de tipo resistivo.

Gracias a las facilidades e interés por parte de la empresa Beta Paint, proveedora de este tipo de productos, se utilizará para el desarrollo de este trabajo, la pintura aislante térmica Súper Therm.

A continuación se presenta un grafico donde se muestra el consumo energético nacional dividido en los tres sectores anteriormente mencionados según el Balance Energético Nacional.



Fuente: Balance Energético 2012-Ministerio de Energía

**Ilustración 1.1: Consumo Energético por Sector**



## **1.2 Objetivos y Alcance**

### *1.2.1 Objetivo General*

- Comparar el aporte de aislación térmica de un tipo de pintura que actúa como aislante térmico de radiación frente al aporte de aislantes térmicos de masa para un modelo de vivienda.

### *1.2.2 Objetivos Específicos*

- Estudiar las propiedades térmicas de un tipo de pintura aislante térmica de radiación: SUPERTHERM®.
- Análisis normativa nacional e internacional aplicable a este tipo de producto.
- Analizar modelos computacionales que permitan comparar ambos tipos de aislante.
- Cuantificar en términos de costo la variación en el gasto energético para un tipo de vivienda dado, al aplicar la pintura bajo estudio.

## **Capítulo 2. Marco Teórico**

Para poder realizar y comprender los cálculos necesarios para obtener el gasto energético asociado a las pérdidas y ganancias de calor por la envolvente de una edificación, se deben estudiar en primer lugar algunos conceptos como los tipos de transferencias de calor, las propiedades térmicas de los materiales, el comportamiento de los aislantes y la teoría necesaria que nos permita desarrollar el estudio.

### **2.1 Formas de Transmisión de Calor [1]**

La transferencia de Calor es un proceso mediante el cual dos cuerpos, o distintas partes del mismo cuerpo, intercambian energía en forma de calor, debido a una diferencia de temperatura entre ellos, hasta alcanzar el equilibrio. En el caso de las viviendas se producen transferencias de calor a través de la envolvente hasta alcanzar el equilibrio entre el interior y exterior. A continuación se detallan los tipos de transferencia de calor.

#### *2.1.1 Conducción*

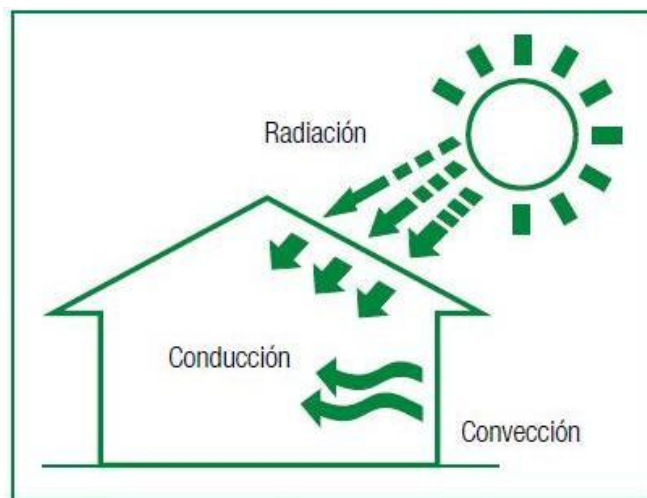
La conducción corresponde a la transferencia de calor en un sólido o un fluido mediante movimientos a escala molecular. Estos movimientos son más intensos a altas temperaturas, por lo que la conducción ocurre desde el punto de mayor temperatura hacia los puntos con menor temperatura. Para que exista conducción térmica debe existir continuidad física en la materia.

### 2.1.2 Convección

La convección corresponde a la transferencia de calor en un fluido provocado por el movimiento del mismo, es decir, la transferencia de calor ocurre por la mezcla de porciones de fluido a distintas temperaturas. Puede ser forzada, a través de un ventilador o bomba que mueve el fluido a través de una zona caliente hacia una zona más fría o bien puede ser convección de tipo natural donde el propio fluido extrae calor de la zona caliente cambiando su densidad haciendo que se desplace hacia la zona más fría.

### 2.1.3 Radiación

Corresponde a la transferencia de calor en la cual no se requiere un medio para que ocurra. Emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas producido por cualquier cuerpo, al encontrarse a cierta temperatura.



Fuente: Masisa

**Ilustración 2.1.3: Transferencias de calor en una vivienda**

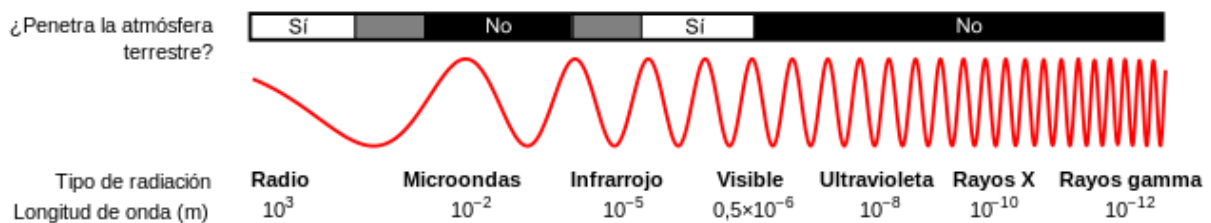
## 2.2 Radiación Solar [2]

Para diseñar una vivienda uno de los aspectos más relevantes a considerar es la influencia que tiene el sol y el clima predominante del lugar. El diseño, orientación y emplazamiento de una vivienda se ve fuertemente influenciado por los efectos que tiene el sol sobre ella, ya que afecta la iluminación natural, ganancias de calor por radiación, orientación y tamaño de ventanas, etc.

### 2.2.1 Espectro electromagnético

La radiación es una de las formas de transporte de energía a través de ondas electromagnéticas. El transporte de energía en el universo es solo radiante, ya que son necesarias materia para que se produzca conducción y convección.

El espectro electromagnético abarca toda la gama de radiaciones presentes en el universo, dividiéndose según su longitud de onda. Así las radiaciones con mayor energía, presentan mayor frecuencia y menores longitudes de onda, y las ondas más débiles presentan bajas frecuencias y mayores longitudes de onda. A continuación se presenta una imagen con el espectro electromagnético.

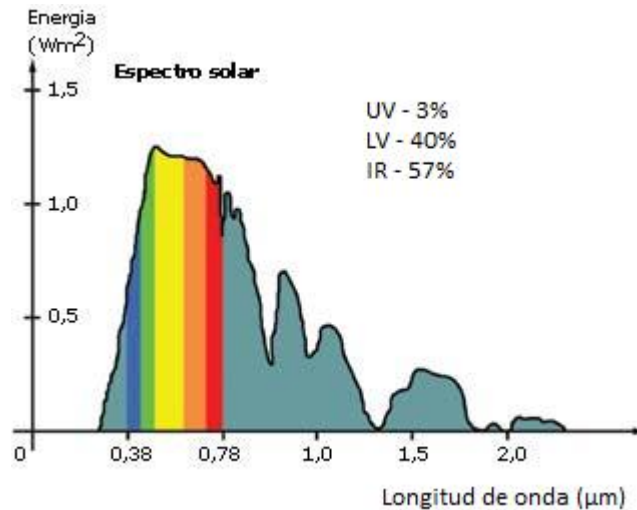


Fuente: [www.irconfort.com](http://www.irconfort.com)

**Ilustración 2.2.1.a: Espectro electromagnético**

Algunos de los tipos de radiación son bastante dañinos para el hombre y para cualquier tipo de vida en la tierra, esto se puede observar con los daños en la piel o en algunos materiales debido a la radiación UV, las precauciones que se toman a la hora de exámenes médicos, rayos X, etc. Para estas longitudes de ondas, la atmósfera actúa como un escudo natural, impidiendo la incidencia de radiaciones de alta energía

sobre la tierra. Así son de nuestro interés los espectros que logran incidir en la tierra, y sobre todo aquellos que inciden en mayor porcentaje lo cual se ilustra a continuación.



Fuente: Apuntes Curso Física de la Construcción CI5521, 2015, Gabriel Rodríguez J.

#### Ilustración 2.2.1.b: Espectro Solar

### 2.2.2 Radiación Solar Incidente sobre la tierra [3]

Para estudiar los efectos que tiene la radiación sobre las viviendas nos interesa la radiación que incide sobre la tierra y que por tanto afecta las viviendas y edificaciones.

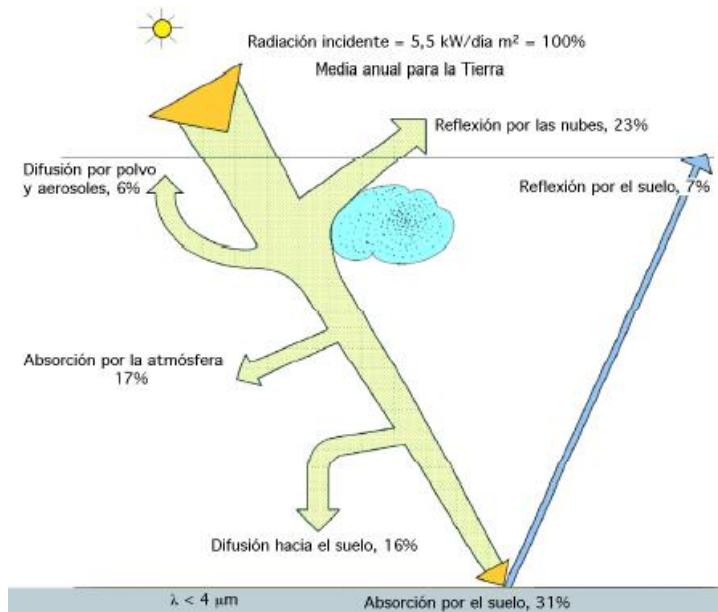
La tierra recibe anualmente 10.000 veces el consumo mundial de energía. Esta cantidad de energía,  $1,73 \times 10^{14}$  kW se reparten de diversas maneras:

- Energía reflejada por la atmosfera: 30%
- Evaporación de océanos: 23%
- Perturbaciones atmosféricas, viento
- Calentar la atmósfera: 47%

Así se deduce que el 47% de la energía solar incidente alcanza la superficie de la tierra con un 31% que lo hace directamente y otro 16% después de ser difundido por el polvo,

vapor de agua y moléculas de aire. La radiación directa es aquella proveniente del sol, sin cambiar de dirección y por otro lado la radiación difusa es aquella que cambia de dirección por reflexión y dispersión. En días nublados toda la radiación incidente sobre la superficie es difusa mientras que en días despejados predomina la directa.

A continuación se muestra una ilustración con el balance solar que nos permite comprenderlo de mejor manera.



Fuente: Procesos termosolares en baja, media y alta temperatura- Pedro Fernández Díez

**Ilustración 2.2.2: Balance Solar**

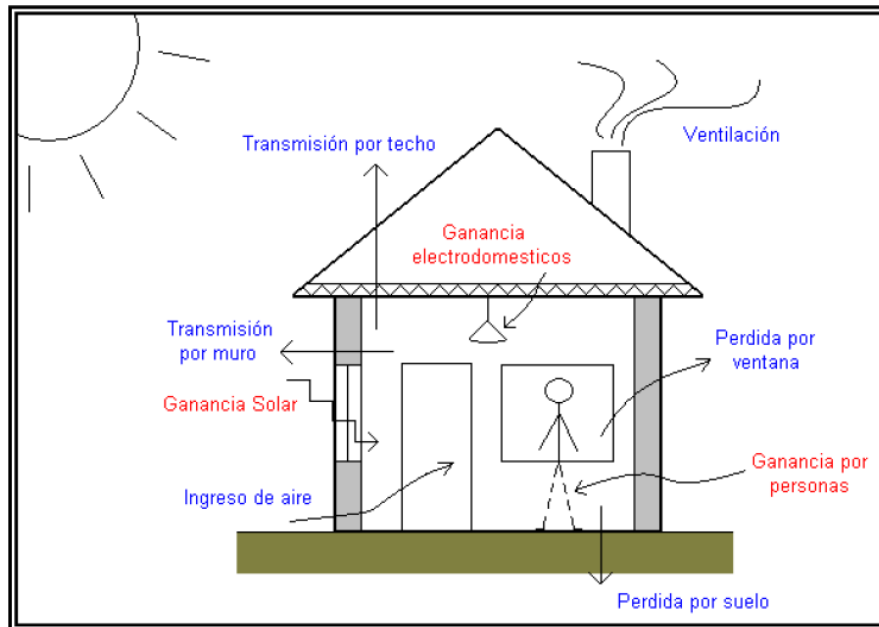
## 2.3 Definiciones

### 2.3.1 Envoltente Térmica [4]

La envoltente térmica corresponde al conjunto de elementos constructivos a través de los cuales se producen flujos de calor entre el interior y el exterior de la edificación, tales como techumbre, muros, pisos, ventanas, etc.

A través de estos elementos se producen tanto ganancias como pérdidas de calor, dependiendo de las diferencias de temperatura que existan entre el ambiente

interior con el exterior. A continuación en la figura 2.3.1 se esquematiza dichas pérdidas y ganancias de energía.



Fuente: Apuntes Curso Física de la Construcción CI5521, 2015, Gabriel Rodríguez J.

**Ilustración 2.3.1: Transferencias de Calor en una vivienda**

### 2.3.2 Confort Térmico [5]

El confort térmico corresponde a la capacidad de la vivienda de ofrecer a sus ocupantes comodidad respecto al ambiente exterior. Los principales factores influyentes en las personas son la temperatura, humedad y velocidad del aire entre otros.

Las temperaturas de Confort se basan en el equilibrio que debe existir entre el cuerpo humano y el ambiente, ya que para sentir comodidad el organismo debe perder aproximadamente  $50 \text{ W/m}^2$  de superficie corporal. Esto ocurre entre los  $18^\circ\text{C}$  y los  $24^\circ\text{C}$ , determinando el rango de temperaturas de confort. El movimiento del aire por otra parte, hace que dichas temperaturas puedan variar un poco, dando sensación de frescura durante los meses de verano, y aumentado las pérdidas térmicas del cuerpo humano en los meses de invierno.

Otro factor que incide en el confort térmico es la humedad relativa del aire, porcentaje de humedad que tiene el aire respecto al máximo que admitiría. Para tener condiciones de confort esta debe fluctuar entre un 35% y 75%, para mayores humedades la sudoración se dificulta, haciendo que la temperatura corporal aumente, causando incomodidad. Por otro lado para humedades muy bajas se produce resequedad en la piel.

Cuando no se logran estas condiciones por si solas dentro de la vivienda se debe recurrir a energías externas, como pueden ser: eléctrica, gas, parafina, leña, etc. Que nos permitan llegar a los parámetros de Confort.

### *2.3.3 Temperatura Base [4]*

Se define como una temperatura que se fija como parámetro para el cálculo de requerimientos energéticos para calefacción. Así cuando la edificación se encuentre a una temperatura menor que la base, se requerirá calefaccionar.

### *2.3.4 Grado-Día [4]*

Corresponde a la suma de las diferencias entre temperatura base y temperatura media para un periodo determinado, sólo en el caso de que la temperatura media sea menor a la temperatura base. Los días o lapso de tiempo que se estén considerando donde la temperatura media sea mayor a la temperatura base no se considerarán.

Así para un periodo de un día, los grados-día corresponden:

$$GD= T_{base}- T_{media}$$

Esta diferencia representa el número de grados que se debe elevar la temperatura para obtener condiciones de confort dentro de la edificación.



Así una de sus principales aplicaciones consta en dividir el territorio nacional según sus grados-año, para así poder recomendar y normar propiedades de la envolvente térmica de las edificaciones.

#### *2.3.5 Inercia Térmica [6]*

Está asociada a la capacidad de una edificación para almacenar calor en su materialidad, y luego liberar este calor hacia el interior, acumulando calor durante las horas de mayor temperatura y luego liberándolo hacia el interior en las horas más frías. Esta capacidad dependerá de la masa y del calor específico de los materiales que constituyen la envolvente de la edificación.

#### *2.3.6 Transmitancia Térmica U [7]*

Flujo de calor que pasa por unidad de superficie de un material por grado de diferencia de temperatura entre los ambientes separados por dicho elemento. Se expresa en  $W/m^2K$ . Se determina experimentalmente según NCh 851 of. 2008 o bien por cálculo según NCh 853 of. 2014.

### **2.4 Características Térmicas de los Materiales**

En la presente sección se exponen las principales características térmicas de los materiales comúnmente usados en la construcción de edificaciones.

#### *2.4.1 Conductividad Térmica $\lambda$ [7]*

Cantidad de calor que pasa por unidad de tiempo a través de una superficie cuando se tiene una diferencia de temperatura de un grado entre ambas caras de la

superficie. Dichos valores se pueden determinar experimentalmente según lo indica la NCh 850 of. 2008 mediante el ensayo de placa de guarda el cual será abordado durante el desarrollo del trabajo.

#### *2.4.2 Resistencia Térmica R [7]*

Corresponde a la oposición al paso del calor por parte de los elementos constructivos por grado de diferencia entre ambas caras del elemento. Se pueden distinguir cuatro casos:

##### *2.4.2.1 Resistencia Térmica de un material R [7]*

Se define en palabras simples como la resistencia al paso del calor por parte de un material. Para un material homogéneo, de conductividad térmica  $\lambda$  se define como:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Donde,

R = resistencia térmica [ $m^2 \cdot K/W$ ]

$\lambda$  = conductividad térmica [ $W/m \cdot K$ ]

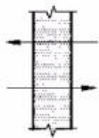


e = espesor del material [m]

##### *2.4.2.2 Resistencia térmica de superficie $R_s$ [7]*

Corresponde a la resistencia que opone al paso del calor las capas de aire tanto internas como externas que rodean a los elementos constructivos. Estos valores se obtienen experimentalmente según NCh 851 of. 2008 y dependen de la velocidad del viento, sentido del flujo de calor, y del elemento separador, ya sea de separación entre

locales o bien separación hacia el exterior. En la siguiente tabla se muestran dichos valores según la norma NCh 853 of. 2007.

**Tabla 2.4.2.2: Resistencias térmicas capas de aire**

Posición del elemento y sentido del flujo de calor		Resistencias térmicas de superficie en $m^2 \times K/W$					
		Situación del elemento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		$R_{si}$	$R_{se}$	$R_{si} + R_{se}$	$R_{si}$	$R_{se}$	$R_{si} + R_{se}$
Flujo horizontal en elementos verticales o con pendiente mayor que $60^\circ$ 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 que $60^\circ$ 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 que $60^\circ$ respecto a la horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

NOTAS

- Estos valores se han obtenido experimentalmente por el método de NCh851.
- Los valores de esta tabla corresponden a velocidades del viento en el exterior menores que 10 km/h. Para velocidades superiores se debe considerar  $R_{se} = 0$ .
- Bajo condiciones de pérdidas térmicas por parte del local (invierno), en general, el flujo de calor es ascendente a través de techumbres y descendente a través de los pisos.
- Bajo condiciones de ganancias térmicas por parte del local (verano), en general, el flujo de calor es ascendente a través de los pisos y descendente a través de las techumbres.

Fuente: NCh 853: 2007 Acondicionamiento térmico- Envoltura térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas

### 2.4.2.3 Resistencia térmica de una cámara de aire no ventilada $R_g$ [7]

Como ya se menciona anteriormente, las capas de aire aledañas a un elemento constructivo aportan a la resistencia térmica total del elemento. En caso de que el elemento constructivo posea cámaras de aire confinadas, estas presentan una resistencia térmica  $R_g$  que dependerá del sentido del flujo térmico, espesor de la cámara de aire y la emisividad total de la cámara  $E$  que se calcula como sigue según NCh 853 of. 2007:

$$\frac{1}{E} = \frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1$$

Donde,

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$  = emisividades de las superficies en contacto con la cámara de aire.

En general se distinguen cuatro casos para el cálculo de  $R_g$ :

a) Caso general, materiales corrientes de construcción tales como madera, hormigón, ladrillos, vidrio, papeles no metálicos, etc. donde  $\varepsilon_1, \varepsilon_2 = 0,9$  con lo que  $E=0,82$

b) Una superficie de la cámara corresponde a materiales corrientes de construcción,  $\varepsilon_1 = 0,9$  y la otra corresponde a una superficie brillante  $\varepsilon_2 = 0,2$  así  $E=0,2$

c) Las dos superficies en contacto con la cámara corresponden a superficies brillantes,  $\varepsilon_1, \varepsilon_2 = 0,2$  así  $E=0,11$

d) Una de las superficies de la cámara es muy brillante  $\varepsilon_1 = 0,05$  y la otra corresponde a materiales corrientes de construcción  $\varepsilon_2 = 0,9$ , así  $E= 0,05$

En las tablas a continuación se resumen los cuatro casos generales, donde cada tabla corresponde a un tipo orientación de cámara y flujo térmico.

**Tabla 2.4.2.3 A: Resistencia térmica por unidad de superficie de cámaras de aire no ventiladas. Cámaras de aire verticales, flujo térmico horizontal**

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
	Resistencia térmica, $R_g$ , $m^2 \times K/W$			
5	0,105	0,17	0,20	0,20
10	0,140	0,28	0,32	0,38
15	0,155	0,35	0,43	0,51
20	0,165	0,37	0,46	0,55
25	0,165	0,37	0,46	0,55
30	0,165	0,37	0,46	0,55
35	0,165	0,37	0,46	0,55
$e \geq 40$	0,165	0,37	0,46	0,55

Fuente: NCh 853: 2007 Acondicionamiento térmico- Envoltura térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas

**Tabla 2.4.2.3 B: Resistencia térmica por unidad de superficie de cámaras de aire no ventiladas. Cámaras de aire horizontales, flujo térmico ascendente**

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
	Resistencia térmica, $R_g$ , m <sup>2</sup> x K/W			
5	0,10	0,16	0,17	0,19
10	0,13	0,23	0,26	0,29
15	0,13	0,25	0,29	0,32
20	0,14	0,25	0,29	0,33
30	0,14	0,26	0,31	0,35
40	0,14	0,27	0,32	0,36
50	0,14	0,28	0,33	0,37
60	0,14	0,28	0,34	0,38
70	0,14	0,29	0,34	0,39
80	0,15	0,30	0,35	0,40
90	0,15	0,30	0,35	0,40
e ≥ 100	0,15	0,30	0,35	0,40

Fuente: NCh 853: 2007 Acondicionamiento térmico- Envoltura térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas

**Tabla 2.4.2.3 C: Resistencia térmica por unidad de superficie de cámaras de aire no ventiladas. Cámaras de aire horizontales, flujo térmico descendente**

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
	Resistencia térmica, $R_g$ , m <sup>2</sup> x K/W			
5	0,09	0,16	0,20	0,20
10	0,14	0,29	0,34	0,37
15	0,16	0,36	0,45	0,52
20	0,17	0,42	0,55	0,65
25	0,17	0,47	0,63	0,76
30	0,175	0,51	0,68	0,87
40	0,185	0,57	0,77	1,03
50	0,19	0,60	0,84	1,15
60	0,19	0,61	0,89	1,25
70	0,19	0,62	0,94	1,33
80	0,20	0,63	1,00	1,46
90	0,20	0,63	1,00	1,46
e ≥ 100	0,20	0,63	1,00	1,46

Fuente: NCh 853: 2007 Acondicionamiento térmico- Envoltura térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas

#### 2.4.2.4 Resistencia térmica total de un elemento $R_t$ [7]

Ya definidas las resistencias térmicas anteriores podemos definir la resistencia térmica total  $R_t$  de un elemento de formado por capas planas y paralelas, como sigue:

$$R_t = R_{s_i} + \sum e_i/\lambda_i + R_g + R_{s_e} = \frac{1}{U}$$

Donde,

$R_t$  = resistencia térmica total [ $m^2 \cdot K/W$ ]

$e_i$  = espesor del elemento  $i$  [m]

$\lambda$  = conductividad térmica del elemento  $i$  [ $W/m \cdot K$ ]

$R_g$  = resistencia térmica cámara de aire [ $m^2 \cdot K/W$ ] (ilustración 2.2.2.4)

$R_{s_i}$  = resistencia térmica superficial interior [ $m^2 \cdot K/W$ ] (Tabla 2.2.2.2)

$R_{s_e}$  = resistencia térmica superficial exterior [ $m^2 \cdot K/W$ ] (Tabla 2.2.2.2)

$U$  = transmitancia térmica [ $W/ m^2 \cdot K$ ]

## 2.5 Coeficientes Volumétricos globales de pérdidas térmicas

Ya definidas las características térmicas de los materiales y componentes de la envolvente térmica, se deben llevar estas propiedades a coeficientes que nos permitan cuantificar el gasto energético, y así contar con un indicador que nos permita calificar las viviendas según sus gastos en energía.

### 2.5.1 Coeficiente volumétrico de pérdidas globales [8]

Coeficiente de pérdidas térmicas que considera toda la envolvente de la edificación y las pérdidas de calor a través de esta. Su cálculo se muestra a continuación:

$$Gv_1 = \sum \frac{U_i * A_i}{V}$$

Donde,

$Gv_1$  = Pérdidas de calor a través de la envolvente [W/m<sup>3</sup>K]

$U_i$  = Transmitancia térmica de los complejos que forman la envolvente [W/m<sup>2</sup>K]

$A_i$  = Superficie de los complejos (muros, techo, piso, ventanas, cielo, etc.) [m<sup>2</sup>]

$V$  = Volumen encerrado por la envolvente [m<sup>3</sup>]

### 2.5.2 Coeficiente volumétrico de pérdidas totales [8]

Además de sufrir pérdidas de calor por la envolvente, la vivienda necesita de ventilación y renovaciones de aire por motivos de salubridad lo que conlleva a pérdidas térmicas por ventilación.

Así se define el coeficiente de pérdidas globales totales  $Gv_2$  como la suma del coeficiente volumétrico de pérdidas globales más las perdidas asociadas a la ventilación, así:

$$Gv_2 = Gv_1 + 0,35 * n$$

Donde,

$Gv_2$  = Coeficiente volumétrico de pérdidas totales [W/m<sup>3</sup>K]

$Gv_1$  = Pérdidas de calor a través de la envolvente [W/m<sup>3</sup>K]

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

El valor de 0,35 en la formula corresponde calor específico por unidad del aire que depende básicamente de la temperatura del aire, y al ser calculado experimentalmente, se ha llegado a la conclusión de que su valor difiere muy poco al variar la temperatura, por lo que se toma por simplicidad el valor fijo 0,35.

## 2.6 Determinación del Gasto energético

Conociendo el coeficiente volumétrico de pérdidas totales de una vivienda explicado anteriormente, y el emplazamiento de esta vivienda, es decir, las temperaturas registradas para el lugar en donde se ubica la vivienda, se puede calcular el gasto energético anual asociado a la vivienda por conceptos de calefacción como sigue:

$$G_{anual} = \frac{Gv_2 * V * GD * 24}{1000}$$

Donde,

$G_{anual}$  = Gasto energético anual [kW.año]

$Gv_2$  = Coeficiente volumétrico de pérdidas totales [W/m<sup>3</sup>K]

V = Volumen encerrado por la envolvente [m<sup>3</sup>]

GD = grados-día anuales [K\*día]



## 2.7 Ganancias Solares [9]

La radiación solar incidente sobre un edificio puede generar importantes ganancias de calor. Cuando ocurre a través de superficies vidriadas se les llama ganancias directas y cuando estas se dan a través de superficies opacas calentándola en un principio y haciendo que esta transmita calor hacia el interior se les llama ganancias solares indirectas.

- Ganancias solares directas

$$Q_s = G * A * fgs$$

Donde,

$Q_s$  = ganancia solar directa [W]

$G$  = radiación solar total incidente en la superficie vidriada [ $W/m^2$ ]

$A$  = área del elemento [ $m^2$ ]

$fgs$  = factor de ganancia solar del vidrio

El factor de ganancia solar del vidrio depende del tipo de superficie transparente y representa la radiación directa que puede atravesarla.

- Ganancias solares indirectas

$$Q_{sindirecta} = U * A * (G * a * Rse)$$

Donde,

$Q_{sindirecta}$  = Ganancia solares indirectas [W]

$U$  = Transmitancia del elemento [ $W/m^2K$ ]

$A$  = área del elemento [ $m^2$ ]

$G$  = radiación solar incidente en el elemento [ $W/m^2$ ]

$a$  = absortancia del elemento

$Rse$  = resistencia de la película exterior de aire [ $m^2K/W$ ]

### **3. Reglamentación Térmica en Chile [4]**

Como una manera de reducir los gastos energéticos a nivel país, a nivel de usuario, además de mejorar la calidad de las viviendas, sobre todo las destinadas a los grupos con menores ingresos, es que nacen tanto recomendaciones como requisitos, que pretendan un comportamiento térmico eficiente.

Por la geografía chilena, con influencias de la Cordillera de los Andes, corrientes marinas, latitudes variadas, es que se poseen diversos climas, o microclimas a lo largo del territorio continental, y es por esto que una vivienda al norte de Chile en la Costa no debiese ser diseñada al igual que una en los valles de la zona central.

Antes de establecer requisitos térmicos se debe conocer las características del clima donde se va a construir la vivienda o edificación.

#### **3.1 Zonificación climático habitacional**

Chile se divide según sus climas en siete zonas climáticas las cuales están establecidas en el Manual de Reglamentación Térmica en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC). La definición de estos climas viene dada por los grados días anuales de calefacción que requieren las distintas zonas del país. Solo se consideran para la zonificación térmica de Chile las necesidades de calefacción, ya que para la mayoría de las zonas climáticas no se hace necesaria la refrigeración al tener una buena aislación.

A continuación se presentan las zonas térmicas de Chile según los grados – día anuales de calefacción.

Además de la zonificación térmica propuesta por la OGUC, existe la zonificación climático habitacional de Chile según la NCh 1079 of. 2008, la cual además de considerar las temperaturas del lugar, toma en cuenta otros factores como la humedad,

salinidad, viento, etc. Para luego dar recomendaciones que permitan proteger los materiales de la envolvente térmica frente a los embates del clima.

**Tabla 3.1: Zonificación térmica OGUC**

Zona Térmica	Grado-día
1	hasta 500
2	500 a 700
3	700 a 1000
4	1000 a 1250
5	1250 a 1500
6	1500 a 2000
7	sobre 2000

Fuente: OGUC

### **3.2 Exigencias de acondicionamiento térmico**

En Chile, en el año 1996, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo estableció el programa de Reglamentación sobre Acondicionamiento Térmico de Viviendas el cual consta de tres etapas:

1ª Etapa: aislación de Techos

2ª Etapa: aislación de muros, ventanas y pisos ventilados

3ª Etapa: Certificación térmica.

Estas etapas se han ido implementando de manera parcial, comenzando el año 2000 donde entra en vigencia la aislación de Techos, luego en 2007 con la aislación de muros, ventanas y pisos ventilados, y por último la tercera etapa aún no entra en vigencia.

### 3.2.1 Complejos de Techumbre, Muros y Pisos Ventilados

Los valores mínimos de Resistencia térmica  $R_t$  y por consiguiente los máximos valores de Transmitancia térmica  $U$  para techumbres, muros y pisos ventilados se indican en el artículo 4.1.10 del manual de reglamentación térmica (OGUC 2006).

**Tabla 3.2.1: Exigencias mínimas para elementos de la envolvente térmica, según zona térmica**

Zona Térmica	Techumbre		Muros		Pisos Ventilados	
	U [W/m <sup>2</sup> K]	Rt [m <sup>2</sup> K/W]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Rt [m <sup>2</sup> K/W]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Rt [m <sup>2</sup> K/W]
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,6	0,28
2	0,6	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,7	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,6	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,5	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

Fuente: OGUC

#### 3.2.1.1 Alternativas para cumplir las exigencias térmicas

Para efectos de cumplir con las exigencias establecidas en la tabla 3.2.1 se podrá optar a las siguientes alternativas descritas en la OGUC:

1. Mediante la incorporación de materiales aislantes rotulados con su R100 según la norma técnica NCh 2251 of.2010, siguiendo la tabla siguiente:

**Tabla 3.2.1.1: Exigencias mínimas R100 para elementos de la envolvente térmica**

Zona	Techumbre	Muros	Pisos Ventilados
	R100 [m <sup>2</sup> K/W]	R100 [m <sup>2</sup> K/W]	R100 [m <sup>2</sup> K/W]
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

Fuente: OGUC

2. Mediante un certificado otorgado por un laboratorio de Control Técnico de Calidad de la Construcción demostrando el cumplimiento de la Transmitancia o resistencia térmica de la solución Constructiva de muro, techumbre, o piso ventilado.
3. Mediante el cálculo realizado según la NCh 853 of. 2007 demostrando que el complejo cumple con los requisitos antes mencionados.
4. Utilizar una solución Constructiva para el complejo de techumbre, muro y piso ventilado correspondiente a las inscritas en el listado oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico del MINVU.

### 3.2.2 Exigencias para Ventanas

Se considera como ventana a todos los vanos vidriados de la envolvente de una vivienda.

#### 3.2.2.1 Porcentaje máximo de superficie de ventanas respecto muros de la envolvente.

El complejo de ventanas deberá cumplir con los requisitos impuestos en la siguiente tabla dependiendo de la zona térmica y del tipo de ventana, vidrio monolítico o doble vidrio hermético.

**Tabla 3.2.2.1: Máximo de Superficies Vidriadas Respecto a la Envolvente**

Zona	% Máximo de Superficie Vidriada Respecto a Muros de la Envolvente		
	Vidrio Monolítico	Doble Vidrio Hermético	
		2,4<U≤3,6 [W/m <sup>2</sup> K]	U≤2,4 [W/m <sup>2</sup> K]
1	50%	60%	80%
2	40%	60%	80%
3	25%	60%	80%
4	21%	60%	75%
5	18%	51%	70%
6	14%	37%	55%
7	12%	28%	37%

Fuente: OGUC

### 3.2.2.2 Método alternativo para el cálculo de superficie de Ventanas

Para la zonas térmicas 3, 4, 5, 6 y 7 y en el caso que se tengan vidrios monolíticos se podrá utilizar el método de U ponderado el cual nos permitirá aumentar la superficie vidriada compensando al mejorar la Transmitancia de los muros. Los valores de U ponderado deben ser igual o menores a los mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 3.2.2.2: U ponderado para las distintas zonas térmicas**

Zona	U Ponderado [W/m2 K]
3	2,88
4	2,56
5	2,36
6	1,76
7	1,22

Fuente: OGUC

Donde U ponderado se calcula como sigue:

$$U_{ponderado} = \frac{\sum SM_i * UM_i + \sum SV_i * UV_i}{STE}$$

Donde,

SM = Superficie Muro [m<sup>2</sup>]

UM = Transmitancia Muro [W/m2 K]

SV = Superficie Vidriada [m<sup>2</sup>]

UV = Transmitancia Superficie Vidriada [W/m2 K]

STE = Superficie Total Envolvente de elementos verticales [m<sup>2</sup>]

En ningún caso la superficie vidriada con vidrio monolítico con el cálculo del U ponderado puede aumentar más de un 40% respecto de los valores indicados en la Tabla 3.2.2.1

### 3.3 Tipos de Aislantes Térmicos

Generalmente al hablar de aislantes térmicos se piensa en el uso de materiales con una elevada resistencia térmica, con los cuales se busca reducir el flujo de calor a través de la envolvente por conducción. Sin embargo, existe otro tipo de aislante, el reflectante que reducen el flujo de calor radiante.

#### 3.3.1 Aislantes de tipo resistivo

En general, los peores conductores son los gases, es por ello que la gran mayoría de los aislantes de tipo resistivo, también llamados aislantes de masa son materiales de muy baja densidad, con una gran cantidad de aire encapsulado en su interior impidiendo que se generen movimientos convectivos del aire mejorando así su resistencia térmica e impidiendo que grandes flujos de calor pasen a través de él.

Ejemplos de aislantes de tipo resistivo son las lanas, ya sean de vidrio, minerales o naturales muy utilizadas en la aislación de techumbres, placas rígidas de espumas sintéticas ya sean poliestireno expansivo, poliuretano expandido, etc.

**Tabla 3.3.1: Conductividad térmica de algunos de los aislantes más usados.**

Material	Densidad aparente [kg/m <sup>3</sup> ]	Conductividad térmica $\lambda$ [W/m K]
Lana mineral, colchoneta libre	70	0,038
	90	0,037
	110	0,040
Lana mineral granulada	80	0,044
	100	0,041
	120	0,042
Poliestireno expandido	15	0,043
	20	0,035
	30	0,033
Poliuretano expandido	40	0,0250
	45	0,0245
	60	0,0254

Fuente: NCh 853 of. 2007 extracto.

### 3.3.2 Aislantes de tipo reflectante

A diferencia de los aislantes de masa, los de tipo reflectante actúan como una barrera a las ondas radiantes que inciden sobre él. En palabras simples lo que se desea al incorporar un aislante de tipo reflectante es conseguir una superficie capaz de rechazar la energía incidente sobre ella por radiación. Así para climas cálidos se debe disponer el aislante por el exterior para bloquear parte de la radiación solar, y en climas fríos por el interior para reflejar la radiación emitida tanto por los habitantes y otros objetos dentro de la vivienda, como calefactores.

Los principales aislantes de tipo reflectante constan de una superficie brillante con la cual se pretende reflejar la radiación al igual como un espejo, mientras más brillante, mayor será su eficiencia. El problema de este tipo de aislante recae en el brillo de la superficie el cual debe mantenerse y muchas veces por condiciones ambientales, polvo y el desgaste propio de los materiales, hacen que pierdan su brillo y con ello su capacidad de reflejar la radiación solar. Hoy se fabrican aislantes por radiación que no dependen en gran medida de su brillo sino que a su composición a nivel microscópico, atenuando los problemas de brillo y terminación de las superficies.

#### 3.3.2.1 Emisividad y Absortancia de un material [9]

- Emisividad:

La emisividad de un material representa la proporción entre la energía radiada por dicho material y la que radiaría un cuerpo negro ideal, objeto teórico que absorbe toda la luz y toda la energía que incide sobre él, a la misma temperatura. Así para un valor de 1.0 asignado a un cuerpo negro, cualquier material tendrá emisividad entre 0 y 1.0. En este sentido se trata de la capacidad de un material para radiar energía. Depende del color y el acabado del material.



- Absortancia:

Representa la fracción de radiación incidente que es absorbida por una superficie o material, se representa con valores entre 0 y 1,0. Al igual que la emisividad depende del color y acabado del material. Así la absortancia se utiliza para estimar como la radiación solar afecta al balance térmico entre exterior e interior de una edificación.

- Reflectancia:

Representa la capacidad de un material para reflejar la radiación incidente sobre él. Su relación con la absortancia, es que la suma de los dos es 1, el total de la energía incidente sobre la superficie o material.

Así consideraremos un buen aislante de tipo reflectante aquel que cumpla con las condiciones de reflejar la mayor parte de la radiación incidente sobre él, es decir, con altos niveles de Reflectancia, por tanto bajos niveles de absortancia, y por otro lado con emisividades elevadas ya que esto le permitiría radiar rápidamente el calor que pudiese ganar.



Fuente: grupounamacor

**Ilustración 3.3.2.1: Usos aislantes reflectivos verano - invierno**

## Capítulo 4. Estudio Propiedades térmicas Pintura Aislante

Uno de los objetivos de este trabajo consiste en estudiar las propiedades térmicas de un tipo de pintura aislante. Para esto se analizará en particular la pintura SÚPER THERM® producida por SPI Inc. Superior Products International Inc. Empresa dedicada a buscar soluciones, mediante revestimientos tipo pinturas, para la aislación térmica. Su distribución en Chile se encuentra bajo la responsabilidad de la empresa BetaPaint.



Ilustración 4: SPI Inc. II proveedor SUPER THERM. Distribuidor BetaPaint

### 4.1 SUPERTHERM®

SÚPER THERM® es un coating o revestimiento cerámico aislante, base agua, compuesto por una mezcla de uretanos alifáticos, acrílico elastómero y aditivos de resina de alto rendimiento que le brindan dureza y elasticidad, con lo que su duración es bastante elevada respecto a otras pinturas; según el proveedor tiene una duración de veinte años. Sus primeros usos datan de los años noventa por lo que cuenta con múltiples certificaciones y ensayos algunos de los cuales se utilizarán durante el desarrollo del trabajo, los cuales se encuentran en el anexo A.

A continuación se presenta una tabla resumen con las propiedades térmicas y superficiales que se utilizarán durante el desarrollo del trabajo, las cuales, serán corroboradas experimentalmente.

**Tabla 4.1 Propiedades térmicas y superficiales pintura Súper Therm.**

Super Therm	Unidad	
Resistencia térmica 1 capa (e=0,01")	[m <sup>2</sup> K/W]	0,019
Reflectancia Solar	[ ]	0,83
Emisividad	[ ]	0,91

En palabras simples SÚPER THERM® está compuesto por cuatro diferentes tipos de cerámicos (micro – esferas), cada una con una función definida. Un tipo de cerámico es el encargado de la aislación por conducción y los otros tres restantes son los encargados de bloquear la radiación solar, un cerámico para la radiación UV, otro para la luz visible y el restante para la radiación infrarroja.

Dentro de sus principales usos se encuentra la aislación por radiación de techumbres, aislante para vehículos de transporte refrigerados, como un sistema impermeabilizante evitando la corrosión y deterioramiento de los materiales de cerramiento, etc. SÚPER THERM® refleja las ondas de calor incidentes sobre ella evitando que la superficie se caliente y por consiguiente conduzca el calor hacia otros recintos. Ya sea en verano evitando que el sol caliente la superficie por el exterior o en invierno donde se puede utilizar aplicándola por el interior de la envolvente, evitando que el calor radiado escape hacia el exterior.

## **4.2 Determinación Resistencia Térmica**

Como ya se mencionó anteriormente, una de las principales formas de transferencia de calor es la conducción, la cual se encuentra normada en la OGUC donde se establecen los requisitos mínimos que deben cumplir los elementos de la envolvente de las viviendas en este aspecto. Para determinar el aporte frente a transferencias de calor por conducción se le realizarán ensayos a la pintura. Al ser una

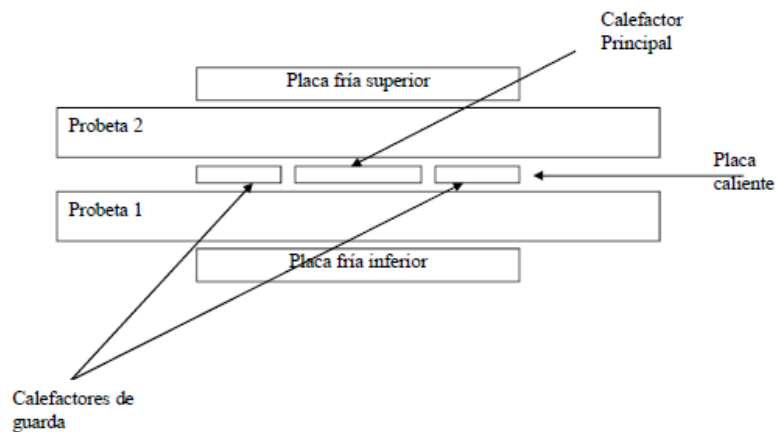
pintura, se medirá la conductividad térmica aparente de ella, ensayando en primer lugar, una probeta sin pintar, y luego pintada, para obtener así, la conductividad térmica aparente de esta, y por consiguiente, la resistencia térmica aportada por la pintura.

#### 4.2.1 Ensayo Placa de Guarda

Para determinar la conductividad térmica y por consiguiente la resistencia térmica de un elemento, se utiliza el ensayo de placa caliente de guarda el cual mide la transferencia de calor a través del elemento, en estado estacionario.

El procedimiento y los aparatos requeridos para la realización de este ensayo se encuentran detallados en la norma NCh 850 Of. 2008 “Aislación térmica – Método para la determinación de la conductividad térmica en estado estacionario por medio del anillo de guarda”.

A continuación se muestra de manera esquemática el ensayo de anillo de guarda.



Fuente: Apuntes Curso Física de la Construcción CI5521, 2015, Gabriel Rodríguez J.

**Ilustración 4.2.1: Ensayo de anillo de guarda**

#### 4.2.1.1 Metodología de ensayo

El método del anillo de guarda consiste en una placa metálica circular alimentada con energía eléctrica para calentarse, esta está rodeada de otros calefactores, los anillos de guarda, que pueden ser calentados de manera independiente. Se colocan dos probetas de iguales dimensiones, y de caras planas, paralelas a la placa caliente, y cada una de ellas en contacto con otras placas metálicas, las cuales son refrigeradas con agua en las caras frías de la probeta, tal como se indica en la figura anterior.

Al efectuarse el ensayo, el anillo de guarda es llevado a la misma temperatura que la placa caliente, de manera, que el flujo térmico sea perpendicular a través de las probetas, y evitar las pérdidas de calor en los bordes de la placa caliente.

Así, al llegar al régimen estacionario, se determina la potencia eléctrica disipada por la placa caliente, la cual atraviesa el área correspondiente a las dos probetas, además de las temperaturas medias de la placa caliente y la fría respectivamente.

Para restringir las pérdidas de calor en el sistema, se aplica aislación al aparato esquematizado anteriormente, sumergiendo el conjunto en perlitas de poliestireno expandido. Las probetas deben ser lo más idénticas posibles y cubrir como mínimo el área de la placa de calentamiento. El gradiente de temperaturas entre la placa caliente y las frías no debe ser inferior a 5 °C ni superar los 15 °C.

Para asegurar que las probetas a ensayar se encuentren secas, se pesan, se ingresan al horno por el tiempo necesario hasta que el peso permanezca constante, de manera de asegurar que han eliminado toda el agua en su interior.

- Probetas: Para el equipo existente en IDIEM son necesarias dos probetas de 52x52 centímetros con un espesor mínimo de 10 milímetros.

En nuestro caso se desea ensayar pintura, por lo que se ensayará esta sobre una placa de MDF de 15 milímetros, la cual será ensayada previamente sin pintura para corroborar su conductividad según los valores otorgados por la NCh 853 of 2007. Luego el diferencial entre los resultados de la probeta con y sin

pintura representará el aporte dado por esta última. El espesor de pintura que se debe aplicar es de 250  $\mu\text{m}$  por indicaciones del proveedor.

Por recomendaciones del operador del equipo, para elementos con altas conductividades, se prefiere un mayor espesor por probeta, para reducir errores en las mediciones, con lo que se utilizaran 2 placas de 15 mm por probeta. En nuestro caso, como lo que se está buscando es el aporte de la pintura, no es de mayor importancia las capas de aire que puedan formarse entre placas, ya que el procedimiento será el mismo para el ensayo con y sin pintura.



**Ilustración 4.2.1.1: Proceso de pintado de probetas y verificación del espesor aplicado.**

- Cálculos: Según NCh 850 of. 2008 se tiene que la conductividad térmica se determina como sigue.

$$\lambda = \frac{e * V * I}{2 * A * (T_c - T_f)}$$

Donde,

$\lambda$  = conductividad térmica [W/m\*K]

V = Voltaje suministrado a la placa caliente [Volts]

I = corriente suministrada a la placa caliente [Ampere]

$e$  = espesor promedio de las probetas [m]

$A$  = área de la placa caliente [m<sup>2</sup>]

$T_c$  = temperatura media placa caliente [K]

$T_f$  = temperatura media placa fría [K]

Así conociendo la definición de resistencia térmica esta queda como sigue:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$
$$R = \frac{(T_c - T_f) * 2 * A}{\phi}$$

Donde,

$\lambda$  = conductividad térmica [W/m\*K]

$R$  = resistencia térmica [m<sup>2</sup>\*K/W]

$T_c$  = temperatura media placa caliente [K]

$T_f$  = temperatura media placa fría [K]

$A$  = área de la probeta [m<sup>2</sup>]

$\phi$  = Potencia promedio suministrada [W]

#### 4.2.1.2 Realización de los ensayos.

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Higrotermia del IDIEM, ubicado en Salomón Sack 840, Cerrillos, Santiago.

- Montaje.

Luego de secadas las probetas, se procede al montaje del ensayo, lo que podemos observar en las imágenes a continuación.

En primer lugar, se coloca la placa fría inferior, para luego colocar sobre esta la primera placa de mdf con las termocupas por la cara fría. Sobre esta se coloca la segunda placa de mdf, en el caso de la imagen, la placa pintada, teniendo cuidado de dejar la pintura hacia el calefactor, con sus respectivas termocupas.

Ya instalada la primera probeta, compuesta por las dos placas de mdf, se instala el calefactor central junto con los calefactores de guarda, para finalmente instalar la probeta superior siguiendo el mismo procedimiento que la inferior.

Por último se coloca la placa fría superior sobre la probeta, y se llenan los espacios restantes con perlitas de poliuretano, para aislar térmicamente el montaje.



**Ilustración 4.2.1.2: Montaje ensayo conductividad.**



- Registro de Datos.

Una vez montado el ensayo, se enciende el equipo y se espera hasta que las temperaturas, de la placa caliente y fría respectivamente se estabilicen alrededor de los 25 °C para la placa caliente, y de 18° C para la placa fría. Luego de esto se comienzan a grabar los datos, hasta el día siguiente.

#### 4.2.1.3 Resultados del ensayo

Para calcular el aporte a la resistencia térmica de una capa de Súper therm, se presentan los resultados obtenidos para el ensayo de conductividad de las probetas de mdf, sin pintar, y luego con una capa de pintura. Así con los datos obtenidos durante ambos ensayos, y utilizando la formula anteriormente propuesta, obtenemos la resistencia térmica de ambas probetas, y finalmente la diferencia entre estas representara el aporte dado por la pintura.

#### Probetas sin pintar

En primer lugar se ensayan las probetas sin pintar. A continuación se presenta una tabla con las temperaturas promedio de las caras calientes y frías de las probetas, junto con el voltaje y amperaje utilizado para llegar a estas temperaturas.

**Tabla 4.2.1.3: Resultados ensayo conductividad mdf sin pintar.**

Descripción	Espesor [mm]	Tc [°C]	Tf [°C]	V [Volts]	I [Ampere]	A [m2]
MDF sin pintar	30,3	24,11	18,75	6,23	0,43	0,2704

Así, utilizando la formula anteriormente descrita, la resistencia térmica de las probetas queda:

$$R1 = \frac{(24,11 - 18,75) * 2 * 0,2704}{(6,23 * 0,43)} = 1,082 \left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$$

### Probetas 1 Capa Súper Therm e= 250 µm.

Luego se procede a ensayar las probetas con una capa de pintura, para así por la diferencia entre ambos ensayos, obtener el aporte a la resistencia térmica dado por la pintura. A continuación se presenta una tabla con las temperaturas promedio de las caras calientes de la probeta y frías, junto con el voltaje y amperaje utilizado para llegar a esas temperaturas.

**Tabla 4.2.1.3.a: Resultados ensayo conductividad mdf 1 capa pintura.**

Descripción	Espesor [mm]	Tc [°C]	Tf [°C]	V [Volts]	I [Ampere]	A [m2]
MDF 1 Capa ST	30,4	23,61	18,03	6,24	0,44	0,2704

Así, utilizando la formula anteriormente descrita, la resistencia térmica de las probetas queda:

$$R_2 = \frac{(23,61 - 18,03) * 2 * 0,2704}{(6,24 * 0,44)} = 1,099 \left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$$

Ya calculadas ambas resistencias térmicas, basta obtener la diferencia entre ellas para conocer la resistencia térmica dada por una capa de pintura Súper Therm de espesor 250 µm.

$$R_{ST} = R_2 - R_1 = 1,099 - 1,082 = 0,017 \left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$$

### 4.3 Aislación Por radiación

Otro de los requisitos mencionados por la OGUC respecto a la aislación térmica da cuenta de las superficies vidriadas máximas, con respecto a la superficie de muros exteriores, y a la zona térmica donde se encuentra emplazada la vivienda. En este

punto, podemos ver tomado en cuenta por una parte, la limitación de superficies vidriadas debido a que el vidrio es un material muy conductor [7], por lo que genera pérdidas de calor importantes debido a esto, y por otro lado, puede inferirse como una limitante para las ganancias de calor por radiación, a través de superficies vidriadas, como ganancias solares directas [9].

Por otro lado, existe otro tipo de ganancias térmicas por radiación, las ganancias solares indirectas [9], las cuales no están consideradas directamente por la OGUC, donde el sol al incidir sobre la envolvente de la vivienda, hace que esta aumente su temperatura, y por ende emita calor hacia el interior.

Hoy en día, existen numerosas certificaciones internacionales de edificios sustentables, LEED, BREEAM, DGNB, que si consideran entre muchas otras categorías, la envolvente de las edificaciones y sus propiedades frente la radiación solar.

#### *4.3.1 Reflectancia Solar*

Dentro de la normativa nacional, no existen documentos que se refieran a las propiedades superficiales de los materiales, con lo que para verificar los valores de reflectividad entregados por parte de la empresa proveedora, se le realizara a la pintura el ensayo descrito en la norma internacional ASTM E1918-06 “Standard Test Method for Measuring Solar Reflectance of Horizontal and Low-Sloped Surface in the Field”, el cual nos permitirá corroborar los valores obtenidos por parte de SPI Inc., medidos según el ensayo descrito en la norma internacional ASTM C1549, para el cual no se cuentan con los equipos en IDIEM. Bajo la norma ASTM E1918-06 no se requiere ningún dato del material a ensayar, solo se deben cumplir las condiciones de superficies mínimas, como horarios según la época del año.

#### 4.3.1.1 Metodología de Ensayo

- Equipos: El ensayo a realizar, cubre la medición de la Reflectancia solar de superficies horizontales o de baja pendiente utilizando un piranómetro o solarímetro, instrumento utilizado para medir la radiación incidente. La radiación al incidir sobre el piranómetro genera una tensión eléctrica la cual es leída por un medidor de radiación solar, o de caso contrario por un voltímetro.
- La superficie a medir, debe ser como mínimo un círculo de diámetro cuatro metros, o de manera alternativa un cuadrado con lados de cuatro metros, sin elementos externos que proyecten sombra sobre esta.
- Hora y día de realización: Debe realizarse entre las 9 a.m. y las 3 p.m. cuando la radiación solar incidente sea al menos el 70% de la radiación obtenida al medio día para ese lugar. Para los meses de invierno debe realizarse entre las 10 a.m. y las 2 p.m. Durante las horas de realización del ensayo debe estar completamente despejado.
- Procedimiento: Como se indica en la figura más adelante, sobre la superficie a medir, se debe instalar el piranómetro distante a 0,5 metros de ella, debidamente conectado al medidor de radiación solar.

Luego de probados los equipos se debe colocar el piranómetro mirando hacia arriba de manera de captar la radiación solar incidente sobre el lugar, esperando que la lectura sea constante a lo menos 10 segundos y tomar registro de ella. Finalmente se coloca el piranómetro mirando la superficie a medir y se registra la lectura al mantenerse constante igual que el caso anterior. Se debe repetir el procedimiento al menos tres veces.

- Cálculos: Con las mediciones de radiación incidente del lugar (piranómetro mirando hacia arriba), y la radiación reflejada por la superficie ensayada se procede a calcular la Reflectancia de esta.

$$r = 1 - \frac{(R_i - R_r)}{R_i}$$

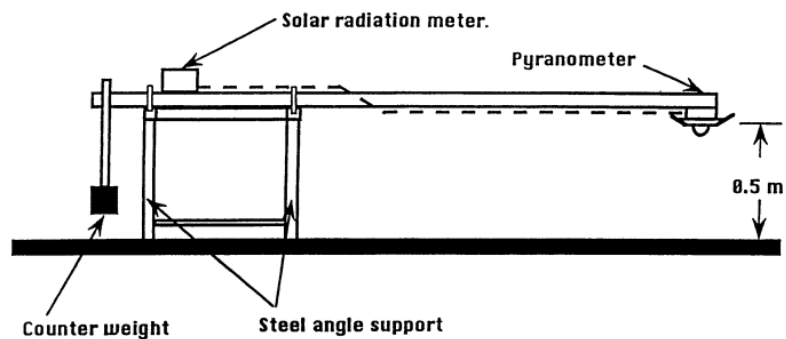
Donde,

r = Reflectancia

R<sub>i</sub> = Radiación solar incidente [W/m<sup>2</sup>].

R<sub>r</sub> = Radiación reflejada [W/m<sup>2</sup>].

Como se deben tomar al menos tres pares de datos para medir la Reflectancia, se debe tomar como valor final la resultante menor de estas.



**Ilustración 4.3.1.1: Configuración ensayo ASTM E1918-06**

#### 4.3.1.2 Realización del Ensayo

El ensayo fue realizado en las inmediaciones de Idiem en Salomón Sack 840, Cerrillos. En primer lugar, se preparó un radier de hormigón existente en el lugar, para luego pintar sobre este una superficie cuadrada de lado 4 metros.



**Ilustración 4.3.2.1: Superficie a ensayar.**



**Ilustración 4.3.1.2.a: Superficie a Ensayar.**

Luego de fraguada la pintura, se espero que las condiciones climáticas del lugar fueran las optimas para realizar el ensayo, lo cual ocurrió el día 10 de Junio, donde se

presento un día totalmente despejado. Alrededor de las 12:00 del día se realizó la preparación de los equipos para realizar las mediciones.



**Ilustración 4.3.1.2.c: Instalación y prueba de Piranómetro conforme a ASTM 1918-06**

#### 4.3.1.3 Resultados

Luego de la instalación y prueba de los equipos, se realizaron las mediciones de radiación incidente, y la reflejada por parte de la superficie, para luego calcular la Reflectancia de esta.

A continuación se presenta una tabla con las mediciones y resultados obtenidos.

**Tabla 5.3.1.3: Mediciones y resultado del ensayo.**

Hora	Radiación Incidente [W/m <sup>2</sup> ]	Radiación reflejada [W/m <sup>2</sup> ]	r
13:12	698	504	0,722
13:15	700	499	0,713
13:17	695	500	0,719

Tal como lo indica la norma ASTM 1918-06, la Reflectancia solar de la superficie ensayada, será la menor de las obtenidas de los pares de radiaciones medidas. Así la Reflectancia solar para la pintura SÚPER THERM®, será  $r = 0,713$ .

Debido al tamaño de la superficie ensayada, y que esta debe estar al aire libre, es que se hizo difícil que esta no se ensuciase durante el periodo de fraguado de la pintura, pese a que se tomaron medidas para que ello no ocurriera. Esto pudo haber influido en el valor de reflectividad obtenido durante el ensayo, y su diferencia con el valor otorgado por parte del proveedor.

#### **4.4 Efecto del polvo y envejecimiento en aislantes por radiación**

Una de las principales razones por la cual los aislantes térmicos por radiación no son utilizados masivamente, se debe a que estos deben su aislación al color y brillos que posean sus superficies. Así una superficie desde su instalación tendrá un muy buen comportamiento, pero luego de envejecerse, ensuciarse, y por ende perder sus propiedades iniciales de brillo y color, verá fuertemente disminuida sus propiedades que lo hacían un aislante térmico por radiación.

Como se mencionó anteriormente, SÚPER THERM® debe su capacidad de reflejar la radiación solar no a sus propiedades físicas, sino que a su composición química, donde los cerámicos que la componen cumplen la función de reflejar los distintos espectros de radiación solar incidente sobre la tierra.

Para cuantificar como afecta la suciedad en las propiedades de Reflectancia de la pintura, calculadas en el punto anterior, se realizará el mismo ensayo, esta vez, esparciendo polvo en toda la superficie, de manera de representar las condiciones en que se encontraría la superficie durante su vida útil.





**Ilustración 4.4: Superficie con suciedad, para realización del ensayo.**

#### 4.4.1 Resultados del Ensayo

A continuación se presenta una tabla con las mediciones y resultados obtenidos.

**Tabla 4.4.1: Mediciones y Resultados del Ensayo con suciedad**

Hora	Radiación Incidente [W/m <sup>2</sup> ]	Radiación reflejada [W/m <sup>2</sup> ]	r
13:30	677	444	0,656
13:32	681	438	0,643
13:34	664	437	0,658

Al igual que en el caso anterior, se toma el valor menor entre los tres pares de radiaciones medidas. Así, con la superficie con suciedad obtenemos un  $r' = 0,643$ .

Con esta experiencia, se nos permite verificar que la pintura SÚPER THERM® no debe su capacidad de reflejar el sol a su brillo o color, sino que a su composición, ya que se redujo la reflectancia en menos de un 10% al ensuciar la superficie y realizar el ensayo.

## Capítulo 5. Modelación en Software DESIGNBUILDER



Fuente: Design Builder

**Ilustración 5: Logo Software Design Builder, motor de cálculo Energy plus**

Si bien con el estudio de la pintura SÚPER THERM®, realizado en la etapa anterior de este trabajo, se puede hacer una estimación del aporte a la aislación térmica tanto por conducción como por radiación, calcular sus efectos totales sobre una vivienda es un tema más complejo. Para ello se modela una vivienda en el Software DESIGN BUILDER que nos permitirá cuantificar las pérdidas y ganancias térmicas, y así obtener los consumos energéticos asociados a la obtención de las condiciones de confort en la vivienda tanto en invierno como en verano.

En primer lugar se modelara la vivienda cumpliendo los requisitos térmicos impuestos por la OGUC para la zona térmica 3 (gran parte de Santiago). Luego gracias al motor de cálculo *EnergyPlus*, usado por el programa *DesignBuilder*, se obtienen las pérdidas y ganancias de calor que permiten realizar el balance energético, y así obtener necesidades de calefacción y refrigeración de la vivienda. Luego de obtenidos estos resultados, se modificara la envolvente de la vivienda, incorporando la influencia de la humedad en la conductividad de los distintos materiales presentes en la envolvente, y finalmente la envolvente con las propiedades obtenidas anteriormente para la pintura aislante SUPERTHERM.

## 5.1 Vivienda Base

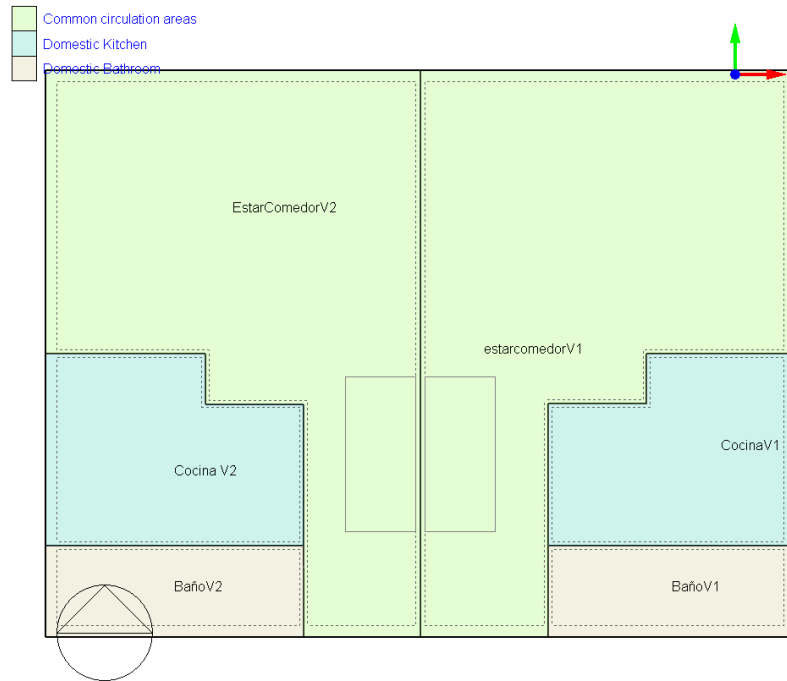
Como vivienda base para la modelación, se utilizaron los planos de un complejo habitacional, construido en la comuna de Isla de Maipo, Región Metropolitana, por parte de la constructora Concreta, de propiedad intelectual del arquitecto Francisco Vergara. Se trata de una vivienda pareada de dos pisos, que luego de algunas modificaciones queda con una superficie total de 87,64 [m<sup>2</sup>], quedando así cada vivienda con un total de 43,82 [m<sup>2</sup>] con una altura entre piso de 2,32 [m]. Al utilizar una vivienda pareada como base para la modelación, podremos cuantificar el efecto de la orientación en las viviendas, ya que se tienen dos viviendas iguales, una hacia el oriente y la otra hacia el poniente, y de esta manera, veremos el efecto del soleamiento sobre ellas. Se adjuntan planos de planta y elevación en anexo B.

A continuación se muestra un render de la vivienda gentileza de la empresa constructora Concreta y el arquitecto a cargo Francisco Vergara.

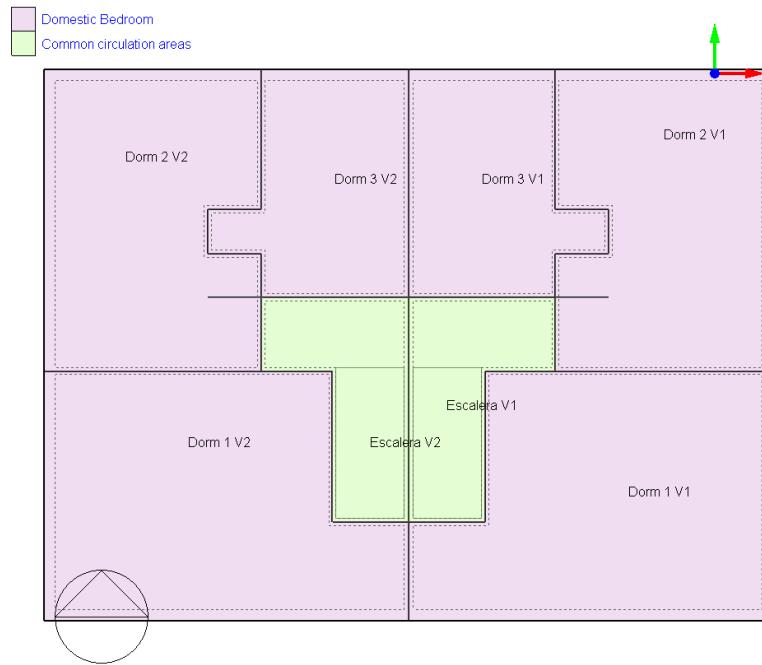


Ilustración 5.1: Render Vivienda de Diseño

Luego de dibujada la vivienda en el Software Design Builder, se deben asignar los usos que poseen los espacios generados, como pueden ser dormitorios, baño, cocina, etc. El Software considera distintos niveles de ocupación, iluminación, humedad, etc. Dependiendo del uso que posea cada zona. La flecha en la parte inferior izquierda indica el norte.



**Ilustración 5.1a: Planta primer piso. Zonas según Design Builder**



**Ilustración 5.1b: Planta segundo Piso. Zonas según Design Builder**

Las variables que modificaremos en los distintos modelos, se refieren a la envolvente de la vivienda, tanto en muros como en techumbre, dejando todo lo demás constante, es por ello que nuestro interés se centrara en las pérdidas y ganancias de calor a través de dichos elementos de la envolvente, aparte de los requerimientos de calefacción y refrigeración.

## 5.2 Zona térmica 3: Santiago

En primer lugar, se sitúa la vivienda base en Santiago de Chile, más específicamente en la comuna de Pudahuel, ( $-33,38^\circ$  S;  $-70,78^\circ$  O). Los datos de la zona climática se han obtenido de la base de datos internacional de la ASHRAE, “American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers”.

La vivienda se sitúa en la zona térmica 3 según la OGUC, con lo que debe cumplir con tener una transmitancia térmica menor a  $0,47 \text{ [W/ m}^2 \text{ K]}$  en el caso de la techumbre, y  $1,9 \text{ [W/ m}^2 \text{ K]}$  para el caso de los muros. Además al poseer vidrio monolítico, la superficie vidriada no debe exceder el 25% de la superficie de muros exteriores.

### *5.2.1 Modelo Base*

En primera instancia, se estudiará el comportamiento térmico de la vivienda cumpliendo los requisitos de la OGUC para la zona térmica donde se emplaza, con aislantes de masa ampliamente utilizados en la construcción. La envolvente utilizada en este modelo se explicita a continuación.

#### *5.2.1.1 Envolvente*

El software nos da la facilidad de al proponer una configuración para las distintas partes de la envolvente, este nos calcula sus propiedades térmicas, y así podemos verificar el cumplimiento de la OGUC.

#### **Muros Exteriores:**

El perfil de muro exterior que se utiliza en este modelo, desde la capa externa a la interna, está formado por un muro estructural de Hormigón armado de 10 [cm], 1 [cm] de poliestireno expandido, placa de yeso cartón de 1 [cm] y 0,5 [cm] de enlucido de yeso.



**Ilustración 5.2.1: Perfil muro exterior.**

Las propiedades térmicas para el muro exterior quedan:

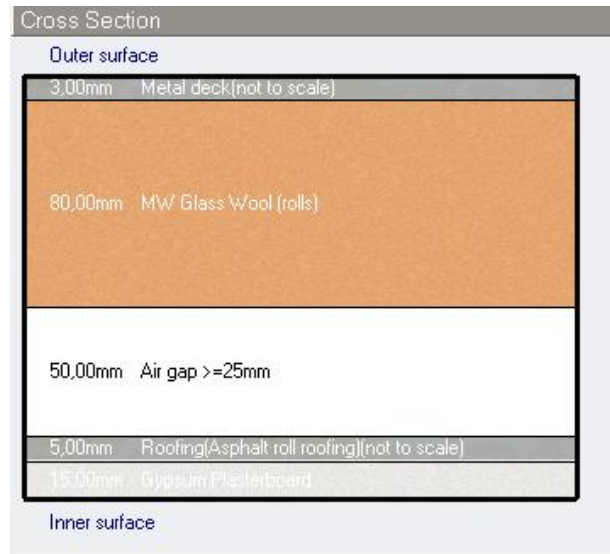
<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,130
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,130
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	2,809
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	0,526
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>1,901</b>

**Ilustración 5.2.1a: Propiedades térmicas muro exterior.**

## Complejo de techumbre

Para hacer representativo la techumbre del modelo, respecto a las que se construyen masivamente en Chile para la zona central, se optó por el complejo de techumbre compuesto desde el exterior hacia el interior por: Plancha metálica de 0,3

[cm], lana mineral en rollo de 8 [cm], fieltro asfáltico de 0,5[cm], placa de yeso cartón de 1,5 [cm], enlucido de yeso de 0,5 [cm].



**Ilustración 5.2.1.b: Perfil techumbre.**

Las propiedades térmicas para la techumbre quedan:

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	4,460
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,100
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,130
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	0,441
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	2,407
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>0,415</b>

**Ilustración 5.2.1.c: Propiedades térmicas techumbre.**

### 5.2.1.2 Resultados

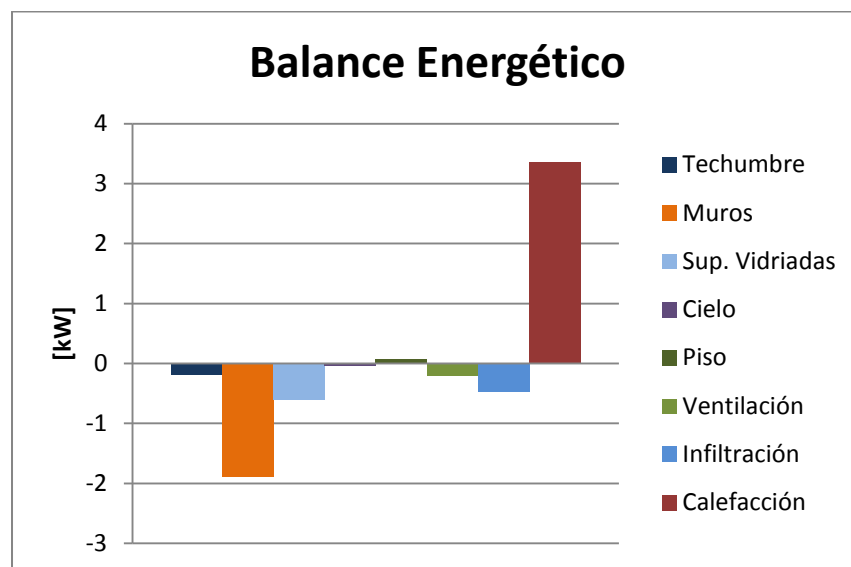
#### “Heating Design”:

Se ejecuta el “Heating Design”, para obtener las necesidades de calefacción en condición de invierno,(18°C al interior de la vivienda), en estado estacionario, es decir,



temperatura exterior constante, viento exterior constante, no se consideran las ganancias solares ni las ganancias internas que puedan producir la luminaria, ocupantes, etc. Para ello el programa calcula las pérdidas asociadas a la envolvente y así, por balance energético, se calculan las necesidades de calefacción. En nuestro caso se dejan las condiciones por defecto para el sector de Pudahuel, con una temperatura exterior de  $-1,1^{\circ}\text{C}$  y viento de  $7,3 \text{ [m/s]}$ . Esto permite cuantificar la capacidad que deben tener nuestros equipos destinados a calefacción en el caso más desfavorable.

A continuación se presenta una gráfica con el balance energético para la condición de invierno, además de una tabla resumen con los datos más relevantes.



**Gráfico 5.2.1.2: Balance energético para la condición de Invierno, Modelo base.**

**Tabla 5.2.1.2: Perdidas a través de muros y techo, requisito de calefacción.**

Balance energético	Modelo Base [kW]
Techumbre	-0,195
Muros	-1,89
Calefacción	3,35

En el caso del “Heating Design”, los resultados para cada vivienda son iguales, ya que al no considerar las ganancias solares, para la estimación de la capacidad de los equipos de calefacción, tanto la vivienda al oriente como al poniente, se obtienen los mismos resultados.

Así, obtenido el balance energético para la vivienda, y utilizando el factor de seguridad 1,2, predeterminado por el programa para cuantificar los equipos necesarios para calefaccionar, Se requiere un equipo con una capacidad de 4,02 [kW] para satisfacer las necesidades de invierno de la vivienda.

En este cálculo, no se puede cuantificar a que temperaturas llegaría la vivienda sin la aplicación de energía externa para calefaccionarla, ya que al hacer el cálculo en estado estacionario, es decir, equilibrando las perdidas a través de la envolvente, sin energía externa aplicada, se llegaría a la temperatura exterior impuesta.

#### **“Cooling Design”:**

En el caso del “Cooling Design”, se utiliza un día completo de diseño, en el caso de Pudahuel, viene predeterminado el 15 de Enero, de aquí se obtiene el recorrido del sol y su incidencia sobre la vivienda.

Los cálculos de diseño para refrigeración, se llevan a cabo para determinar la capacidad de los equipos requerida para satisfacer las condiciones climáticas de verano, es decir, el día con mayores temperaturas que pueda darse en el lugar, para mantener el interior de la vivienda una temperatura de confort de 24 °C.

A diferencia del caso anterior, aquí si se consideran las ganancias solares, de iluminación, ocupantes, equipos, etc. Por lo que en esta caso si se debe diferenciar las viviendas según su orientación.

A continuación se presentan los gráficos con los balances energéticos para ambas viviendas, con sus respectivas tablas de la capacidad de diseño de refrigeración. Esta se obtiene tomando el mayor requerimiento de refrigeración a lo largo del día, para cada uno de los espacios de la vivienda. Luego al igual que en el caso anterior se utiliza

un factor de seguridad de 1,2 para garantizar las condiciones de confort dentro de la vivienda bajo condiciones de verano.

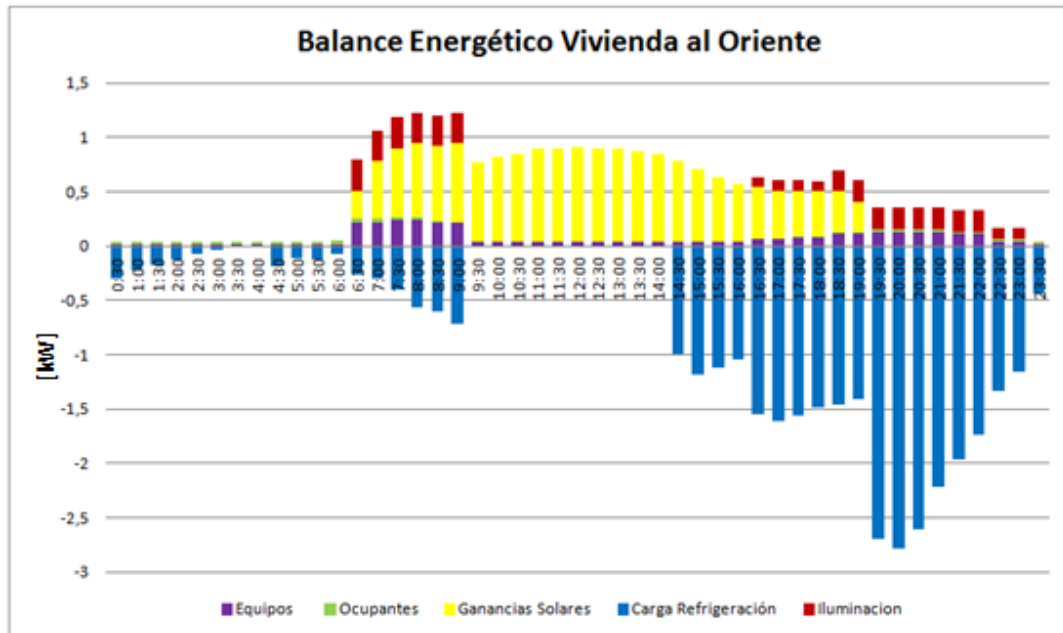


Gráfico 5.2.1.2.a.: Balance energético Vivienda al Oriente Modelo Base.

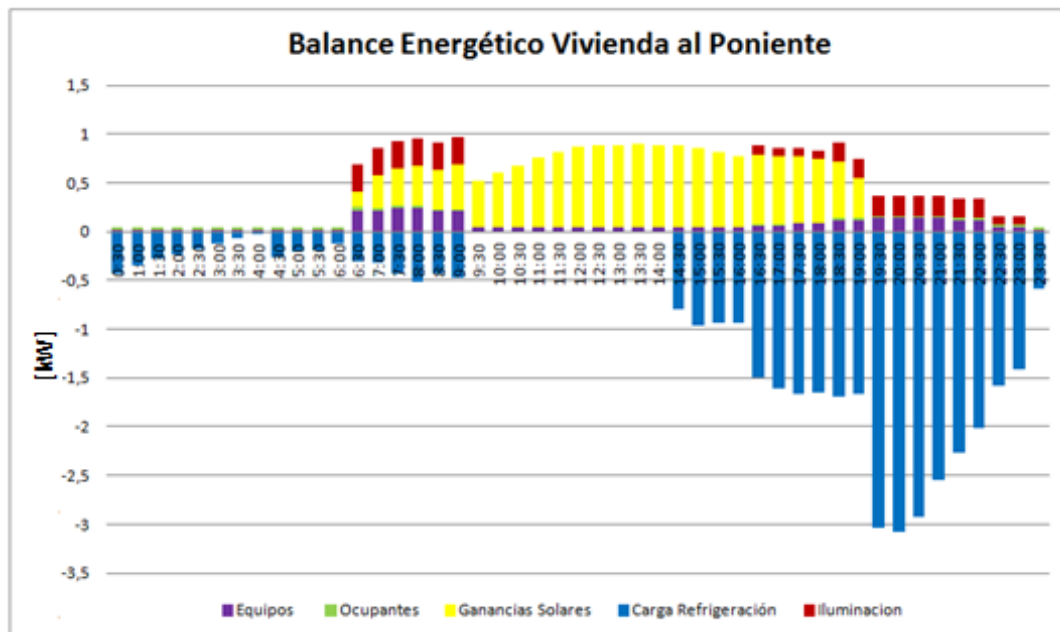


Gráfico 5.2.1.2.b.: Balance Energético Vivienda al Poniente Modelo Base.

**Tabla 5.2.1.2.a: Resumen Cargas de refrigeración y Capacidad de diseño para ambas viviendas**

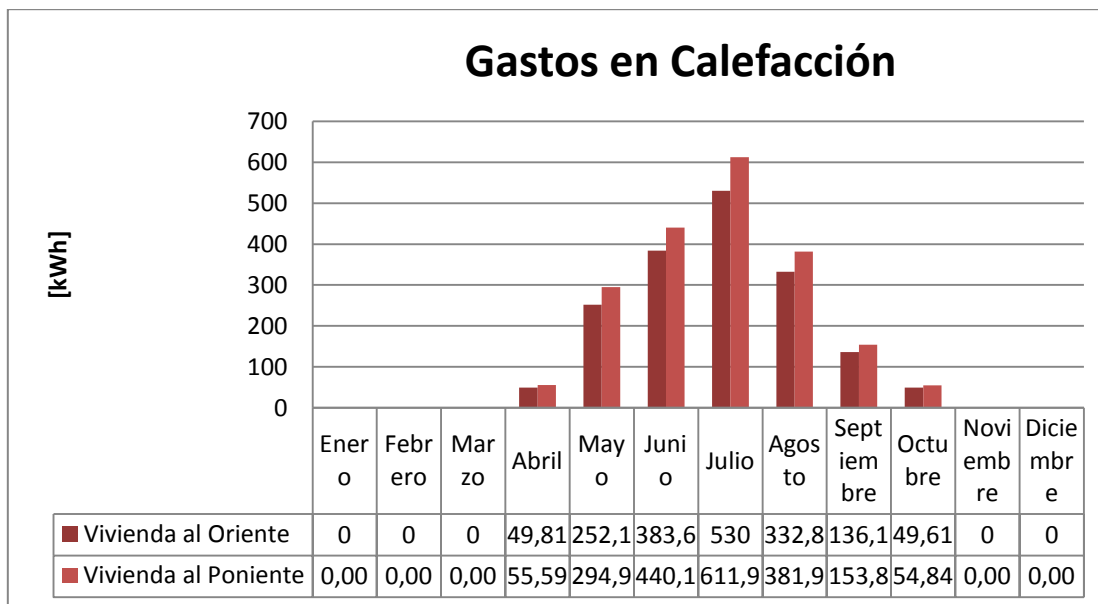
Modelo Base	Carga Refrigeración [kW]	Capacidad Diseño [kW]
Vivienda al Oriente	3,25	3,9
Vivienda al Poniente	3,3	3,96

Adicionalmente, se estudiaron las viviendas, bajo condiciones de verano sin aplicarles energía externa, de manera de conocer las temperaturas máximas que se obtendrían en ellas. En el caso de la vivienda al oriente, se obtiene una temperatura máxima de 34,29° C a las 17:00 hrs, mientras que en la vivienda poniente, se obtiene una máxima de 34,53° C a las 19:00. Si bien las máximas no difieren mucho, el horario si lo hace, debido a los efectos del soleamiento en la vivienda.

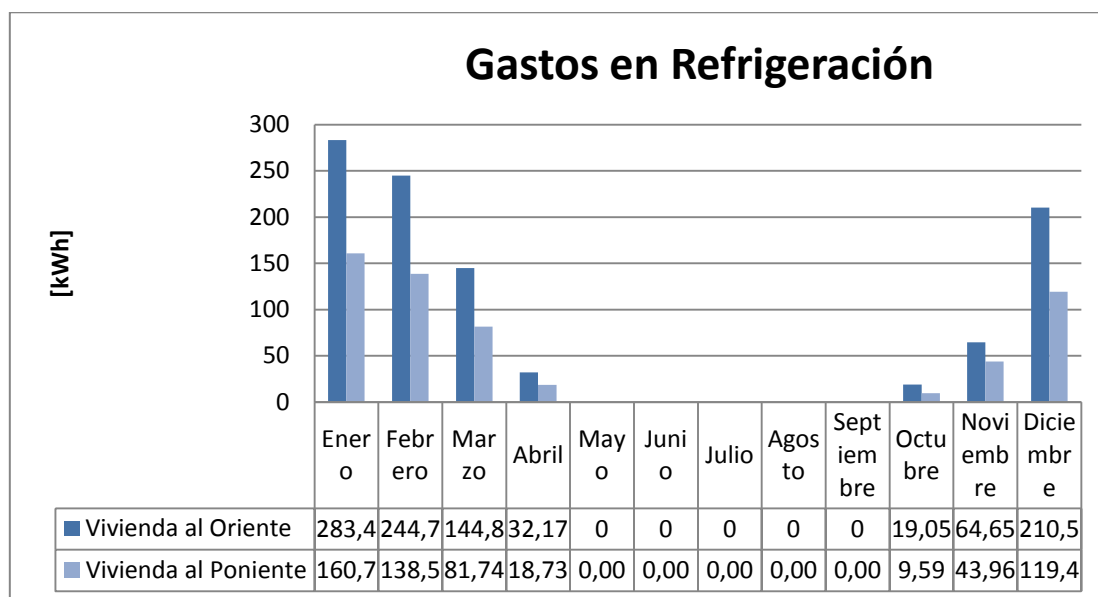
### **Simulación Anual**

Con los datos climáticos para la zona donde se emplaza la vivienda, obtenidos de la ASHRAE, “American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers”, como se mencionó anteriormente, se realiza una simulación de los gastos energéticos asociados a la vivienda. Serán de nuestro interés los gastos asociados a calefacción y refrigeración a lo largo del año. Estos resultados nos darán una idea del comportamiento térmico de la vivienda, a diferencia del “Heating Design” y del “Cooling Design”, donde se calculan la capacidad que debiesen tener los equipos para ambos casos, bajo condiciones desfavorables dadas, que aseguren el Confort en la vivienda en todo momento, en la simulación, se utiliza la base de datos climática para el lugar, por lo que los resultados obtenidos son más representativos y nos permitirán comparar luego los distintos modelos.

A continuación se presentan los gastos energéticos asociados a calefacción y refrigeración para ambas orientaciones de la vivienda de manera mensual, y finalmente una tabla resumen con los consumos anuales.



**Gráfico 5.2.1.2.c: Gastos mensuales en Calefacción, Modelo Base.**



**Gráfico 5.2.1.2.d: Gastos mensuales en Refrigeración, Modelo Base.**

Para poder cuantificar el efecto del sol sobre las viviendas según su orientación, se presenta una tabla resumen con los gastos anuales para ambas viviendas. Tanto en calefacción como refrigeración, se da una diferencia de aproximadamente un 3% entre

ambas viviendas, la cual se podrá cuantificar de mejor manera más adelante con los diferentes precios de los combustibles.

**Tabla 5.2.1.2.b: Resumen gastos anuales ambas viviendas Modelo Base**

Vivienda	Calefacción [kWh]	Refrigeración [kWh]
Oriente	2039,22	554,61
Poniente	1993,31	572,79

### 5.2.2 Modelo 1 [10], [11]

Gracias al trabajo realizado por Rodrigo Manuel Erazo Andrade, en su trabajo de titulación de Ingeniero Civil de nuestra facultad, “Variación de la conductividad térmica en materiales de construcción con la humedad”, podremos cuantificar cuanto afecta esto a los consumos energéticos de la vivienda para obtener condiciones de confort.

Existen típicamente cinco tipos de humedades que se pueden presentar en una vivienda; humedad de suelo, de construcción, por condensación, debido a lluvias y finalmente humedades accidentales como lo podría ser la rotura de cañerías, etc. Por lo que es natural pensar que en nuestra vivienda esté presente alguna de ellas, cambiando así las propiedades térmicas de los materiales.

De la memoria mencionada anteriormente se extrae la siguiente tabla con mayoraciones para la conductividad térmica de distintos materiales, con respecto a su valor en estado seco, para tres tipos de muros:

- I: Paredes y demás elementos situados al interior del edificio, como lo son tabiques, suelos, etc. O paredes exteriores en climas secos.
- E: Paredes exteriores normales de climas templados.
- H: Paredes mal aisladas de la humedad del suelo, o situadas en climas muy húmedos y expuestas a lluvias frecuentes.

**Tabla 5.2.2: Mayoraciones conductividad térmica con respecto a su estado seco.**

Material	Mayoraciones %		
	I	E	H
Ladrillo	20	45	65
Cemento, Mortero	30	60	90
Yeso	30	60	115
Hormigón	40	70	100
Madera	16	19	25

Así, con la tabla expuesta anteriormente, se obtienen conductividades de los distintos materiales bajo los efectos de la humedad, para los casos o climas expuestos. Por ejemplo la conductividad del ladrillo, en paredes exteriores, bajo un clima templado, sería 1,45 veces la conductividad obtenida del ladrillo en estado seco.

Las variaciones de la conductividad térmica en materiales aislantes con respecto a la humedad fueron extraídas de una publicación del grupo BASF, "AISLAPOL, Información técnica de Construcción, Física de la construcción, 2001".

#### *5.2.2.1 Envolvente*

Ya conocida los coeficientes de mayoración de la conductividad térmica de los distintos materiales presentes en la envolvente de nuestra vivienda, se ingresan al Software, para presentar a continuación las propiedades térmicas de muros exteriores y techumbre bajo estas condiciones.

#### **Muros exteriores:**

Al igual que en el caso anterior, el muro exterior consta de 10 [cm] de hormigón armado, 1 [cm] de poliestireno expandido, placa de yeso cartón de 1 [cm], y finalmente hacia el interior 0,5 [cm] de enlucido de yeso, todos ellos bajo los efectos de la humedad.



**Ilustración 5.2.2.1: Perfil muro exterior.**

Las propiedades térmicas para el muro quedan:

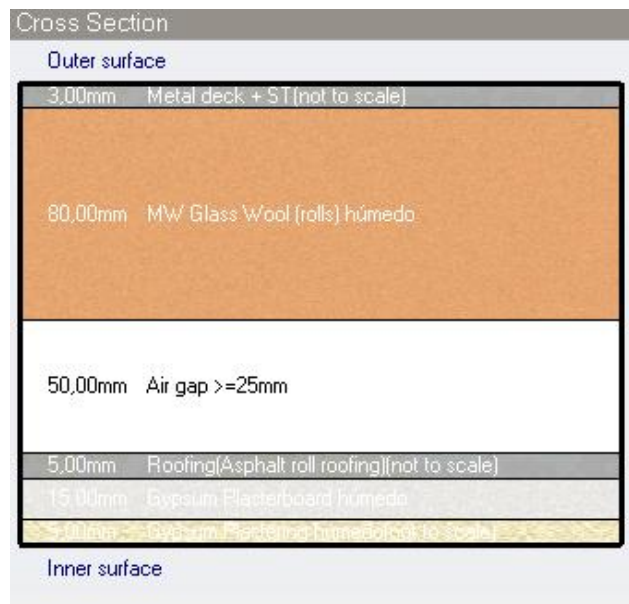
<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,130
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,130
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	<b>3,828</b>
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	<b>0,431</b>
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>2,319</b>

**Ilustración 5.2.2.1.a: Propiedades térmicas muro exterior.**

### Complejo Techumbre:

Compuesto por una plancha metálica de 0,3 [cm], 8 [cm] de lana mineral en rollos, fieltro asfáltico de 0,5 [cm], placa de yeso cartón de 1,5 [cm], y finalmente por el interior de la vivienda 0,5 [cm] de enlucido de yeso. Todos ellos con las mayoraciones correspondientes por el efecto de la humedad.





**Ilustración 5.2.2.1.b: Perfil techumbre.**

Las propiedades térmicas para la techumbre en este caso quedan:

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	4,460
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,100
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,813
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,187
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	1,076
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	1,070
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>0,935</b>

**Ilustración 5.2.2.1.c: Propiedades térmicas techumbre.**

Al integrar los efectos de la humedad en los distintos materiales presentes en la envolvente de nuestro modelo base, notamos que en el caso del muro exterior, la transmitancia térmica aumenta en un 22% respecto al modelo base con materiales secos, y en el caso del complejo de techumbre, este ve un fuerte aumento de casi el

doble de la transmitancia térmica respecto al modelo base, dejando así de cumplir las exigencias impuestas en la OGUC.

### 5.2.2.2 Resultados

#### “Heating Design”

Para la obtención de las necesidades de calefacción de la vivienda bajo condiciones de invierno, se ejecuta el “Heating Design” bajo las mismas circunstancias que el modelo base emplazado en Pudahuel. Para ello el programa calcula las pérdidas energéticas asociadas a la envolvente, esta vez, con sus propiedades modificadas por efecto de la humedad como se presentó anteriormente.

A continuación se presenta una grafica con el balance energético para la condición de invierno, además de una tabla resumen con los datos que nos permitirán comparar los distintos modelos posteriormente.

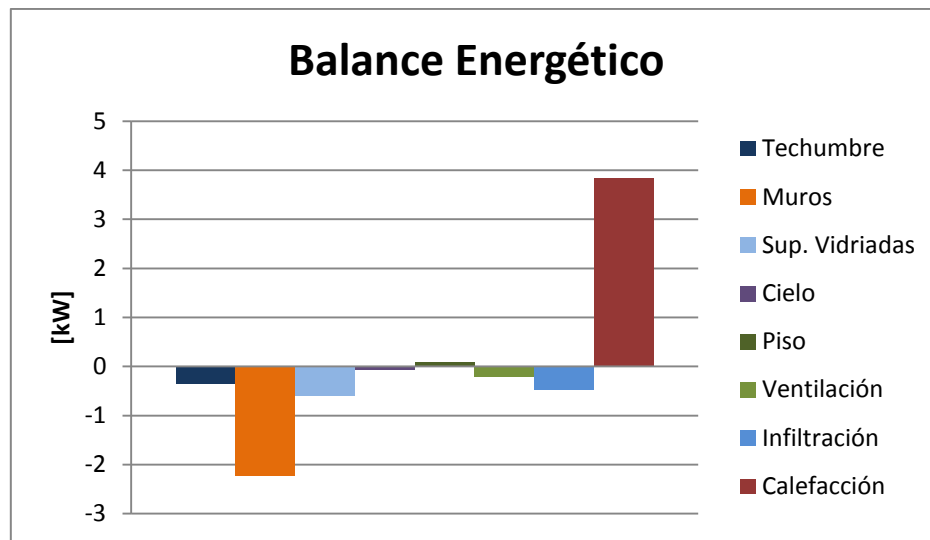


Gráfico 5.2.2.2: Balance energético para la condición de invierno modelo 1.

Tabla 5.2.2.2: Pérdidas a través de muros y techo, requisitos de calefacción.

Balance energético	Modelo 1 [kW]
Roof	-0,365
Walls	-2,22
Calefaccion	3,835

Así, obtenido el balance energético para la vivienda, y utilizando el factor de seguridad 1,2 se requiere un equipo de calefacción con una capacidad de 4,602 [kW] para satisfacer las necesidades de invierno de la vivienda.

### “Cooling Design”

Bajo las mismas condiciones que para el caso base, se ejecuta el “Cooling Design” y a continuación se presentan los resultados para la vivienda al Oriente y al Poniente respectivamente. Al igual que el caso anterior se utiliza un factor de seguridad de 1,2 para asegurar las condiciones de Confort en la vivienda.

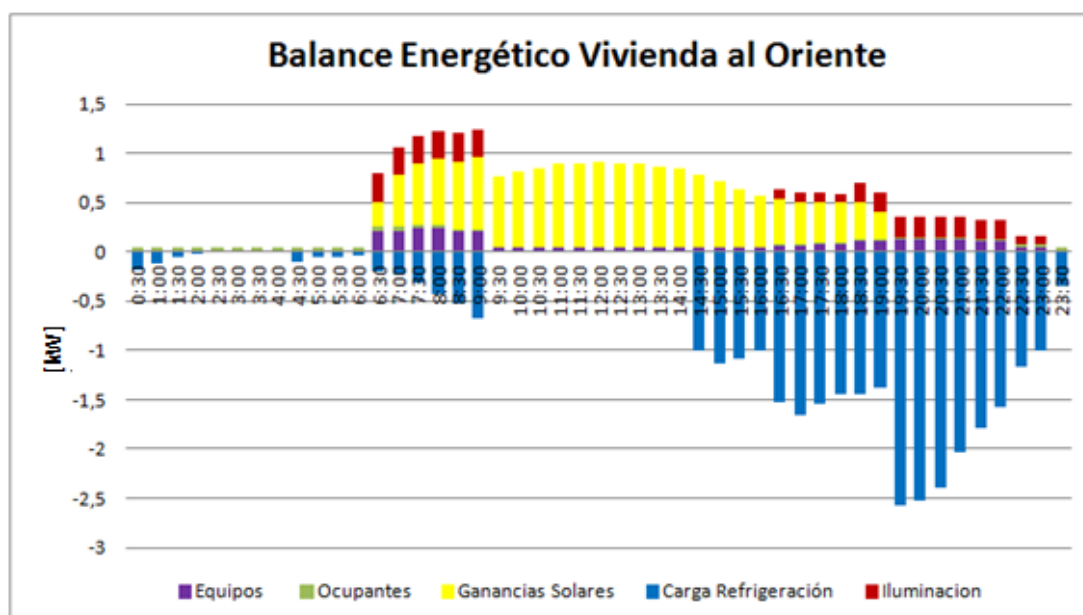
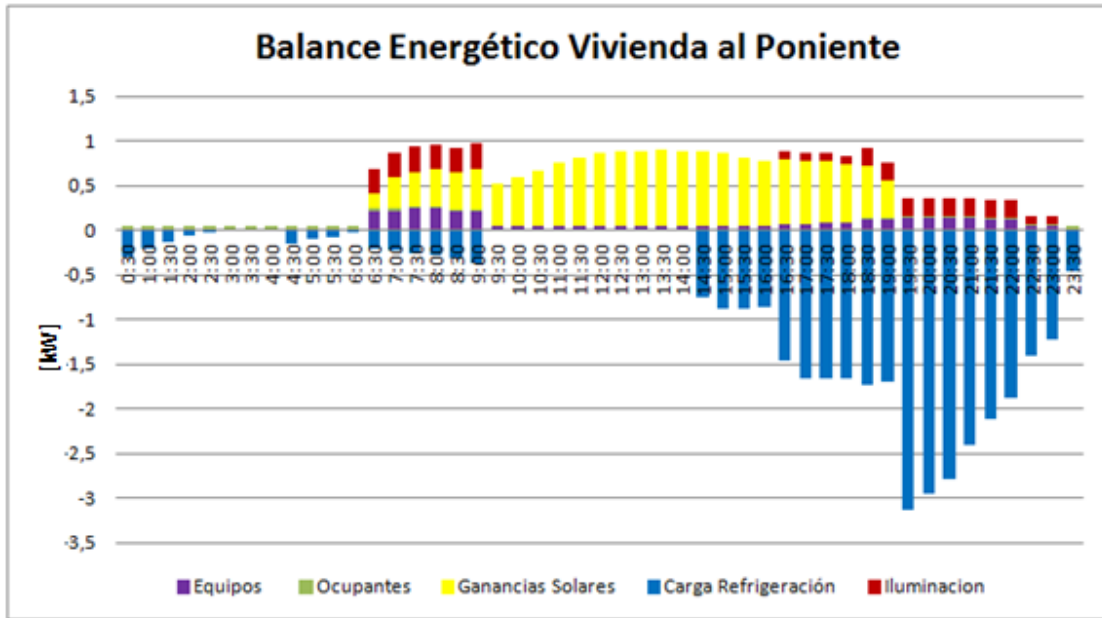


Gráfico 5.2.2.2.a: Balance energético Vivienda al Oriente Modelo 1.



**Gráfico 5.2.2.2.b: Balance energético Vivienda al Poniente Modelo 1**

**Tabla 5.2.2.2.a: Resumen Cargas de refrigeración y capacidad de diseño para ambas viviendas.**

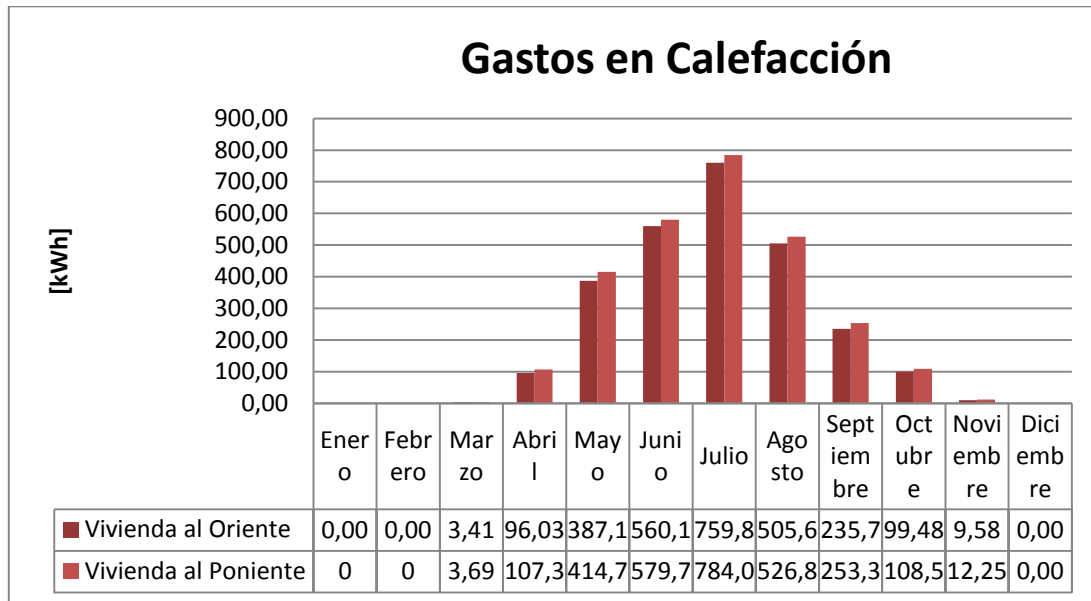
Modelo 1	Carga Refrigeración [kW]	Capacidad Diseño [kW]
Vivienda al Oriente	3,08	3,696
Vivienda al Poniente	3,24	3,888

Al igual que en el modelo anterior, se estudia la vivienda bajo condiciones de verano, sin energía externa aplicada. Así se obtienen para la vivienda oriente una máxima de 35,11 °C a las 17:00 hrs, mientras que para la vivienda poniente se obtiene una temperatura máxima de 35,8° C a las 18:30 hrs.

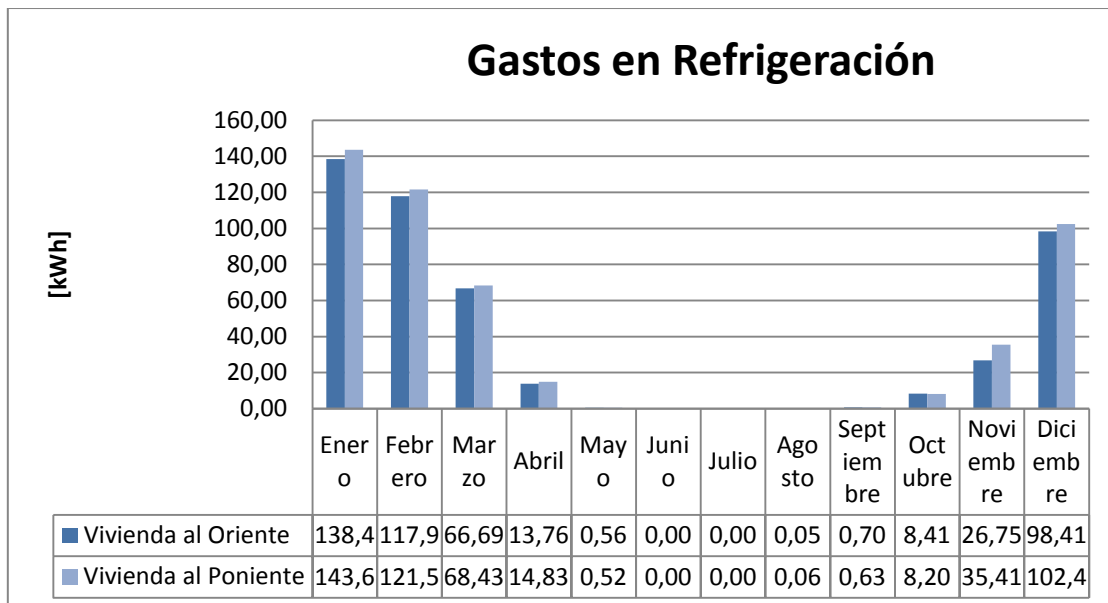
### Simulación Anual

Para obtener los gastos energéticos asociados a calefacción y refrigeración, tanto de la vivienda al oriente como el poniente, se ejecuta la simulación anual con los datos climáticos donde se encuentra emplazada la vivienda.

A continuación se presentan los gastos energéticos asociados a calefacción y refrigeración para ambas orientaciones de la vivienda de manera mensual, y finalmente una tabla resumen con los consumos anuales.



**Gráfico 5.2.2.2.c: Gastos mensuales en calefacción, Modelo 1.**



**Gráfico 5.2.2.2.d: Gastos mensuales en refrigeración, Modelo 1.**

De igual manera que en el caso anterior, para cuantificar el efecto que tiene la orientación en las viviendas debido al soleamiento, es que se presenta a continuación una tabla resumen con los gastos energéticos para ambas viviendas. En este caso la diferencia entre una vivienda y otra es aproximadamente de un 5% tanto en calefacción como refrigeración.

**Tabla 5.2.2.2.b: Resumen gastos anuales ambas viviendas Modelo 1.**

Vivienda	Calefacción [kWh]	Refrigeración [kWh]
Oriente	2656,91	471,69
Poniente	2790,57	495,71

### 5.2.3 Modelo 2

Luego de estudiados los modelos con aislantes de masa, cumpliendo con los requisitos impuestos por la OGUC, se analizará un modelo con la pintura estudiada en el capítulo anterior, aplicada en este caso, por la cara exterior e interior de la envolvente de la vivienda. Así, podremos evaluar el posible reemplazo de los aislantes de masa por los reflectivos, además de cuantificar los gastos energéticos no cumpliendo los requisitos mínimos impuestos en la OGUC.

La pintura se ingresa al modelo como un nuevo material, con el espesor indicado por el proveedor, 250  $\mu\text{m}$ , su respectiva resistencia térmica obtenida de los ensayos realizados, además de las propiedades superficiales de esta, reflectividad solar, obtenida gracias al ensayo realizado, ASTM E1918-06, y por último la emisividad del material, obtenida de los ensayos facilitados por parte de BetaPaint. La reflectividad ingresada, corresponde a la obtenida del ensayo con la pintura limpia. Con estos parámetros queda representado un material en el Software Design Builder, y así

podremos estudiar el comportamiento térmico de la vivienda al incorporar una pintura reflectiva en su envolvente.

### 5.2.3.1 Envolvente

A continuación se presentan los perfiles tanto para muros exteriores como para techumbre con sus respectivas propiedades térmicas.

#### **Muros exteriores:**

El perfil de muro exterior utilizado en este modelo, desde la capa externa a la interna consta por una capa de pintura Súper Therm de 0,025 [cm], muro estructural de hormigón armado de 10 [cm], 0,5 [cm] de enlucido de yeso, y finalmente una capa de pintura Súper Therm de 0,025 [cm] por el interior.



**Ilustración 5.2.3.1: Perfil muro exterior.**

Las propiedades térmicas para el muro exterior quedan:

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	2,090
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,602
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,130
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,813
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,187
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	8,973
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	0,281
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>3,553</b>

**Ilustración 5.2.3.1.a: Propiedades térmicas muro exterior.**

### Complejo de Techumbre:

Compuesto desde el exterior hacia el interior por: capa de pintura Súper Therm de 0,025 [cm], plancha metálica de 0,3 [cm], fieltro asfáltico de 0,5 [cm], placa de yeso cartón de 1,5 [cm], 0,5 [cm] de enlucido de yeso, y finalmente por el interior de la vivienda una capa de pintura Súper Therm de 0,025 [cm].



**Ilustración 5.2.3.1.b: Perfil Techumbre.**

Las propiedades térmicas para la techumbre quedan:



<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	4,398
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,602
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,100
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,813
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,187
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	3,149
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	0,458
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>2,186</b>

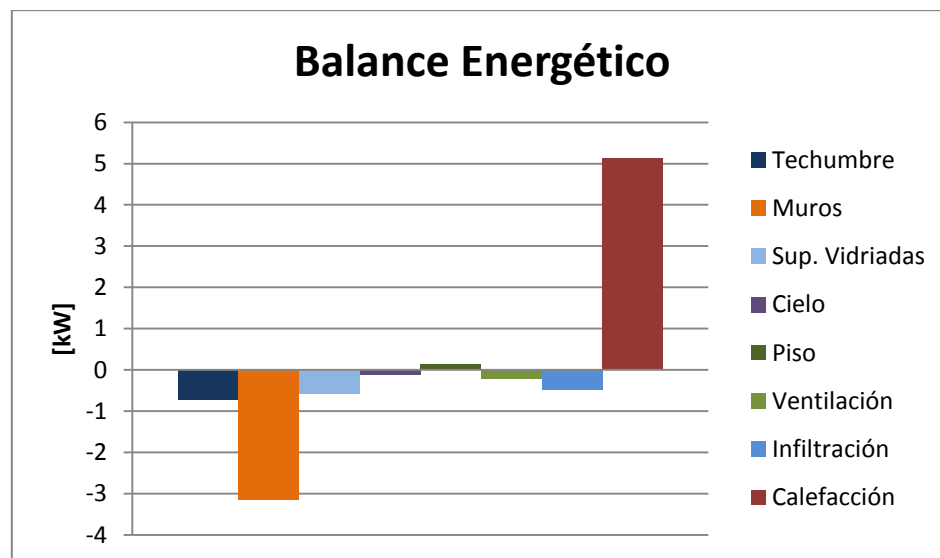
**Ilustración 5.2.3.1.c: Propiedades térmicas techumbre.**

### 5.2.3.2 Resultados

#### “Heating Design”

Bajo las mismas condiciones que los modelos analizados anteriormente, se ejecuta el “Heating Design” para obtener las necesidades de calefacción de la vivienda. Calculadas las pérdidas y ganancias energéticas a través de la envolvente, por balance energético se calculan las necesidades de calefacción.

A continuación se presenta una gráfica con el balance energético para la condición de invierno, además de una tabla resumen con los datos más relevantes.



**Gráfico 5.2.3.2: Balance energético para la condición de invierno, Modelo 2.**

**Tabla 5.2.3.2: Pérdidas a través de muros, techo, necesidades de calefacción**

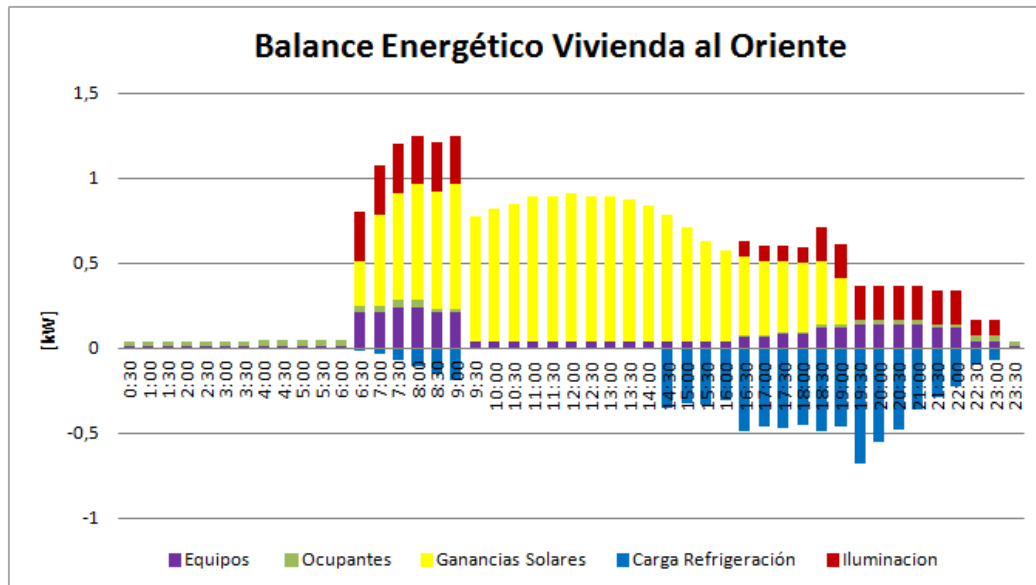
Balance energético	Modelo 2 [kW]
Roof	-0,73
Walls	-3,16
Calefacción	5,12

Así, utilizando un factor de seguridad de 1,2 para asegurar el confort bajo condiciones de invierno, se requiere un equipo con una capacidad de 6,14 [kW].

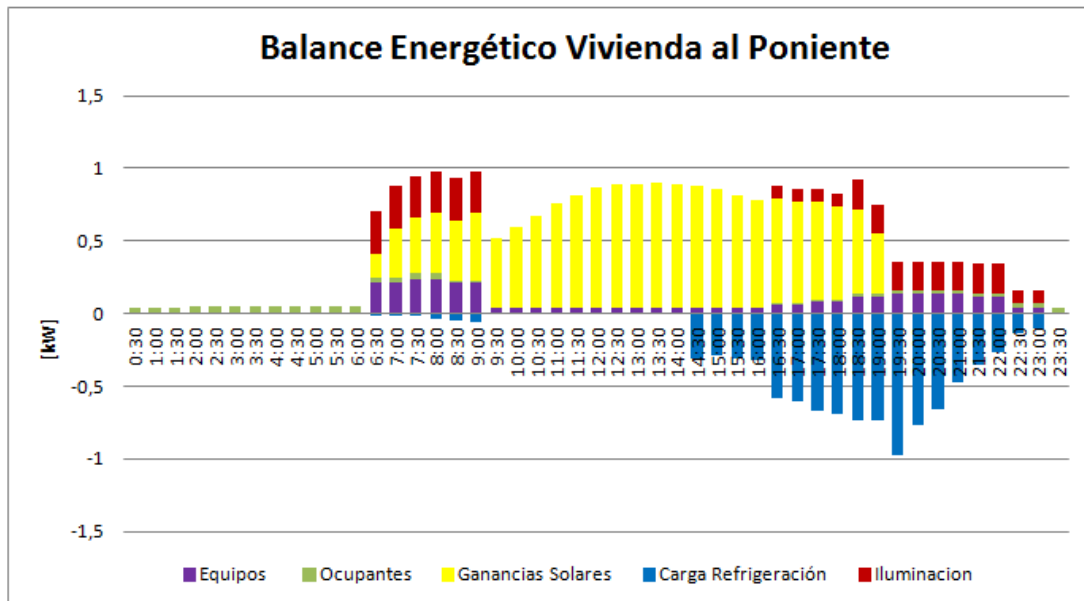
### “Cooling Design”

Se ejecuta el “Cooling Design” para obtener las capacidades de los equipos necesarios para obtener temperaturas de confort bajo condiciones de verano. Al igual que el caso anterior se utiliza un factor de seguridad de 1,2 para garantizar las condiciones de confort en la vivienda.

A continuación se presentan los resultados para la vivienda al Oriente y Poniente respectivamente.



**Gráfico 5.2.3.2.a: Balance energético Vivienda al Oriente, Modelo 2.**



**Gráfico 5.2.3.2.b: Balance energético Vivienda al Poniente, Modelo 2.**

**Tabla 5.2.3.2.a: Resumen Cargas de refrigeración y capacidad de diseño para ambas viviendas**

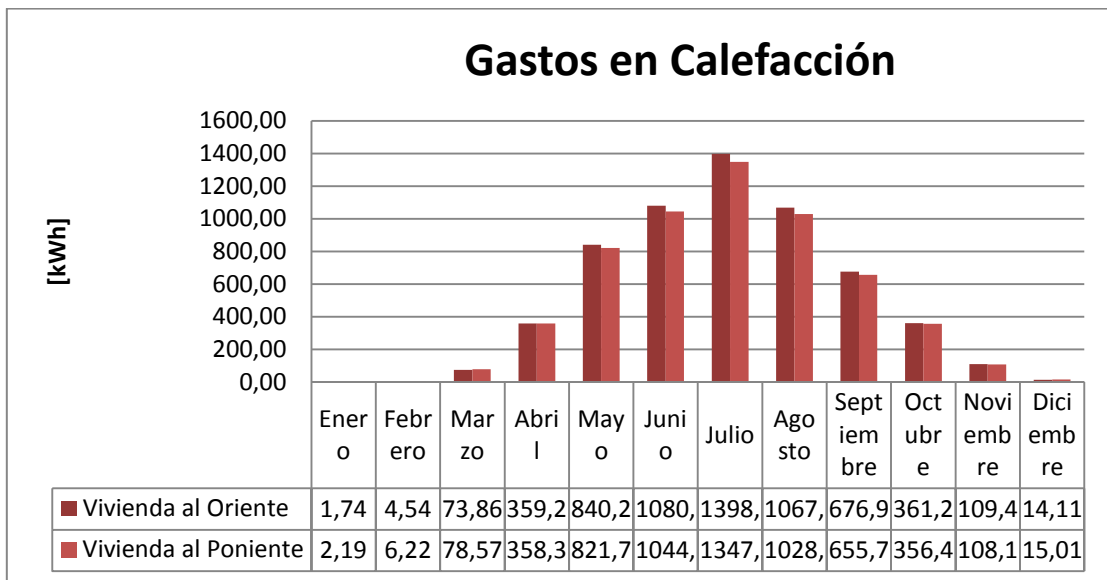
Modelo 2	Carga Refrigeración [kW]	Capacidad Diseño [kW]
Vivienda al Oriente	0,84	1,008
Vivienda al Poniente	1,08	1,296

Para este modelo, ya con la aplicación del aislante reflectivo, al estudiar las temperaturas que se obtendrían bajo condiciones de verano, sin aplicar energías externas para refrigerar la vivienda, notamos que estas bajan considerablemente, a pesar de tener una envolvente que no cumple con los requisitos mínimos impuestos por la OGUC. Para la vivienda oriente se obtiene una temperatura máxima de 27,86° C a las 18:30 hrs, y por otro lado, para la vivienda poniente se obtiene una máxima de 28,02° C a la misma hora.

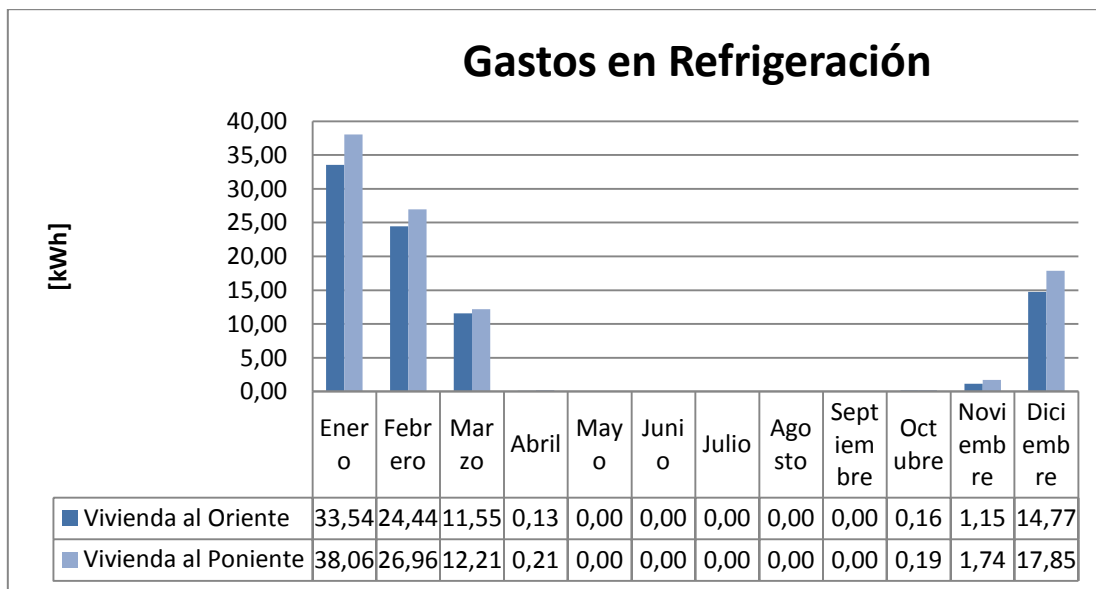
## Simulación Anual

Se ejecuta la simulación anual para obtener los gastos energéticos asociados a calefacción y refrigeración gracias a los datos climáticos del lugar obtenidos de la “ASHRAE”.

A continuación se presentan los gastos energéticos asociados a calefacción y refrigeración para ambas orientaciones de la vivienda de manera mensual, y finalmente una tabla resumen con los consumos anuales.



**Gráfico 5.2.3.2.c: Gastos mensuales en calefacción, Modelo 2.**



**Gráfico 5.2.3.2.d: Gastos mensuales en refrigeración, Modelo 2.**

Para cuantificar el efecto del soleamiento bajo las condiciones de este modelo, es que se presenta a continuación una tabla con los gastos energéticos para ambas viviendas. En el caso de la calefacción se obtiene una diferencia casi despreciable de alrededor de un 3% mientras que para la refrigeración se obtiene una diferencia de un 12% aproximadamente entre la vivienda al oriente y poniente.

**Tabla 5.2.3.2.b: Resumen gastos anuales, Modelo 2.**

Vivienda	Calefacción [kWh]	Refrigeración [kWh]
Oriente	5987,16	85,73
Poniente	5823,29	97,22

#### 5.2.4 Modelo 3

Ya estudiadas las envolventes con aislantes de masa en primer lugar, luego con la pintura reflectante, se buscara una combinación de ambos tipos de aislantes que nos permita obtener el mínimo de gastos energéticos para la obtención de las temperaturas

de confort, tanto en condiciones de invierno como de verano. Así, estaremos cumpliendo con los requisitos mínimos en las propiedades térmicas impuestos por la OGUC, y además agregándole la pintura reflectante. En este modelo se estudiara la opción con la misma aislación que el modelo base, agregándole pintura por todo el exterior, es decir, sobre muros y techumbre.

#### 5.2.4.1 *Envolvente*

A continuación se presentan los perfiles tanto para los muros exteriores como para la techumbre junto con sus propiedades térmicas.

#### **Muros exteriores:**

El perfil de muro exterior, desde la capa externa a la interna está compuesto por; una capa de pintura Súper Therm de 0,025 [cm], muro estructural de hormigón armado de 10 [cm], 1 [cm] de poliestireno expandido, placa de yeso cartón de 1 [cm] y 0,5 [cm] de enlucido de yeso.



**Ilustración 5.2.4.1: Perfil muro exterior.**

Las propiedades térmicas para el muro exterior quedan:

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,130
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,813
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,187
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	2,669
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	0,545
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>1,836</b>

**Ilustración 5.2.4.1.a: Propiedades térmicas muro exterior.**

### Complejo de Techumbre:

La techumbre está compuesta desde el exterior hacia el interior por; una capa de pintura Súper Therm de 0,025 [cm], Plancha metálica de 0,3 [cm], lana mineral en rollo de 8 [cm], fieltro asfáltico de 0,5[cm], placa de yeso cartón de 1,5 [cm], enlucido de yeso de 0,5 [cm].



**Ilustración 5.2.4.1.b: Perfil Techumbre.**

Las propiedades térmicas para la techumbre quedan:

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	4,460
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,100
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,813
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,187
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	0,435
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	2,439
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>0,410</b>

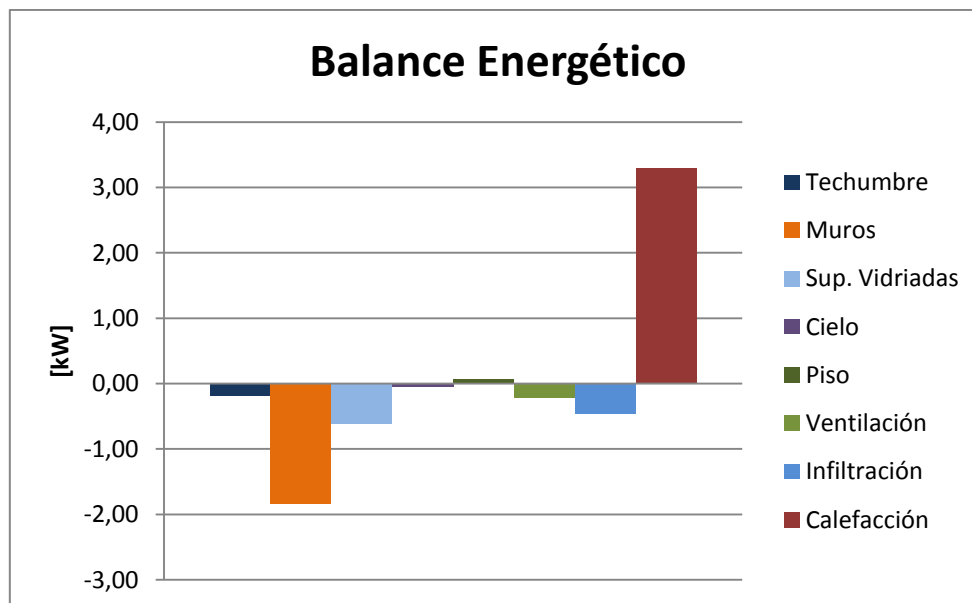
**Ilustración 5.2.4.1.c: Propiedades térmicas techumbre.**

#### 5.2.4.2 Resultados

##### “Heating Design”

Se ejecuta el “Heating Design” para obtener las necesidades de calefacción de la vivienda, bajo la envolvente propuesta anteriormente.

A continuación se presenta un gráfico con el balance energético junto con una tabla resumen con las pérdidas a través de muros y techumbre, que nos permitirán comparar luego los distintos modelos.



**Gráfico 5.2.4.2: Balance energético para la condición de invierno, Modelo 3.**



Tabla 5.2.4.2: Pérdidas a través de muros, techo, necesidades de calefacción.

Balance energetico	Modelo 3 [kW]
Roof	-0,19
Walls	-1,84
Calefaccion	3,30

Así, utilizando un factor de seguridad de 1,2, se requiere un equipo con una capacidad de 3,96 [kW] para asegurar las temperaturas de Confort bajo las condiciones de invierno donde se encuentra emplazada la vivienda.

### “Cooling Design”

Bajo las condiciones de verano para el sector de Pudahuel, se ejecuta el “Cooling design” para obtener la capacidad de los equipos necesarios para mantener temperaturas de Confort en verano. A continuación se muestran los balances energéticos para las viviendas al Oriente y Poniente respectivamente, junto con las cargas de refrigeración necesarias para cada una de ellas y su capacidad de diseño al aplicar el factor de seguridad.

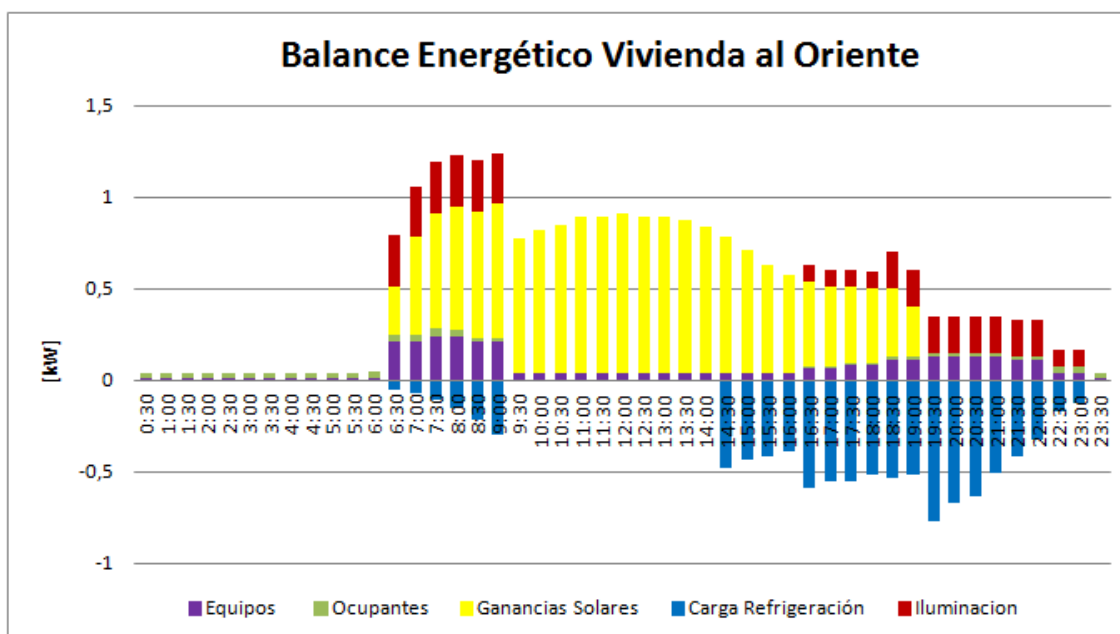
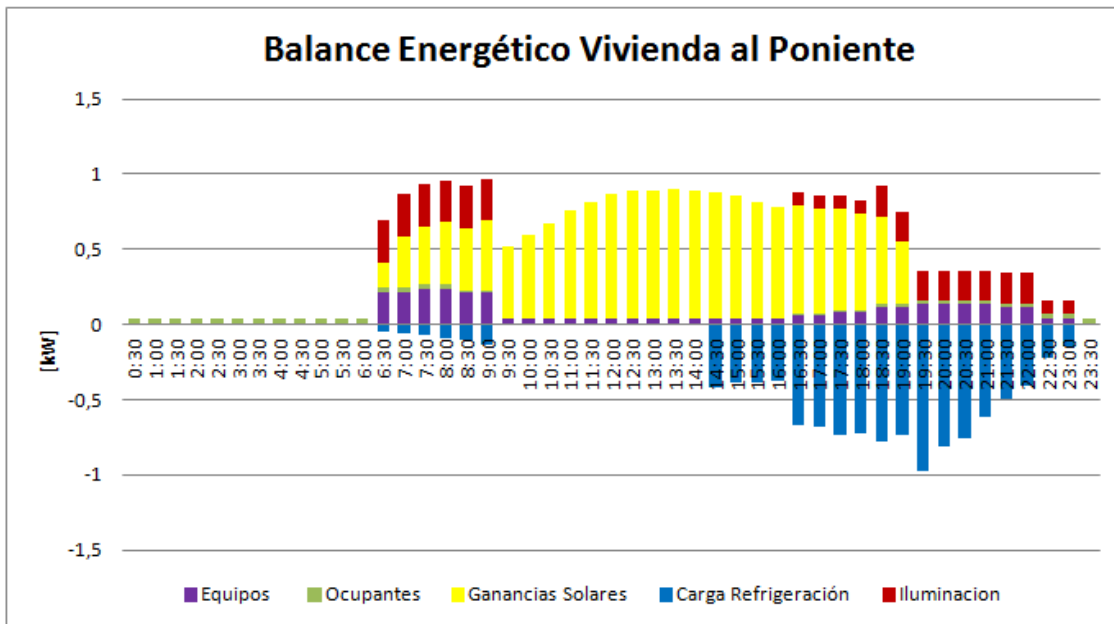


Gráfico 5.2.4.2.a: Balance energético Vivienda al oriente, Modelo 3.



**Gráfico 5.2.4.2.b: Balance energético Vivienda al Poniente, Modelo 3.**

**Tabla 5.2.4.2.a: Resumen cargas de refrigeración y capacidad de diseño para ambas viviendas.**

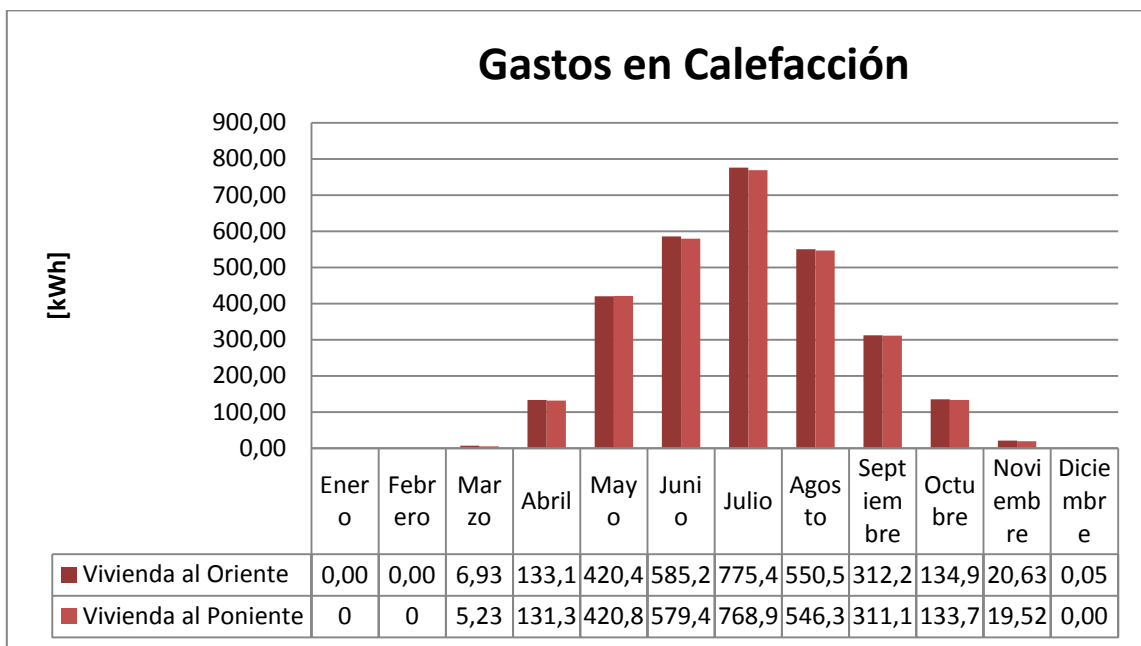
Modelo 3	Carga Refrigeración [kW]	Capacidad Diseño [kW]
Vivienda al Oriente	1,03	1,236
Vivienda al Poniente	1,08	1,296

Ahora bien, para este modelo, donde se cumplen los requisitos térmicos para la envolvente según la OGUC, y además se le adiciona el aislante reflectivo por el exterior, al estudiar las temperaturas a lo largo del día, bajo condiciones de verano, sin utilizar equipos de refrigeración, se obtienen temperaturas máximas para la vivienda oriente de 28,24° C a las 18:30 hrs, mientras que para la vivienda poniente se obtiene una máxima de 28,56° C a la misma hora.

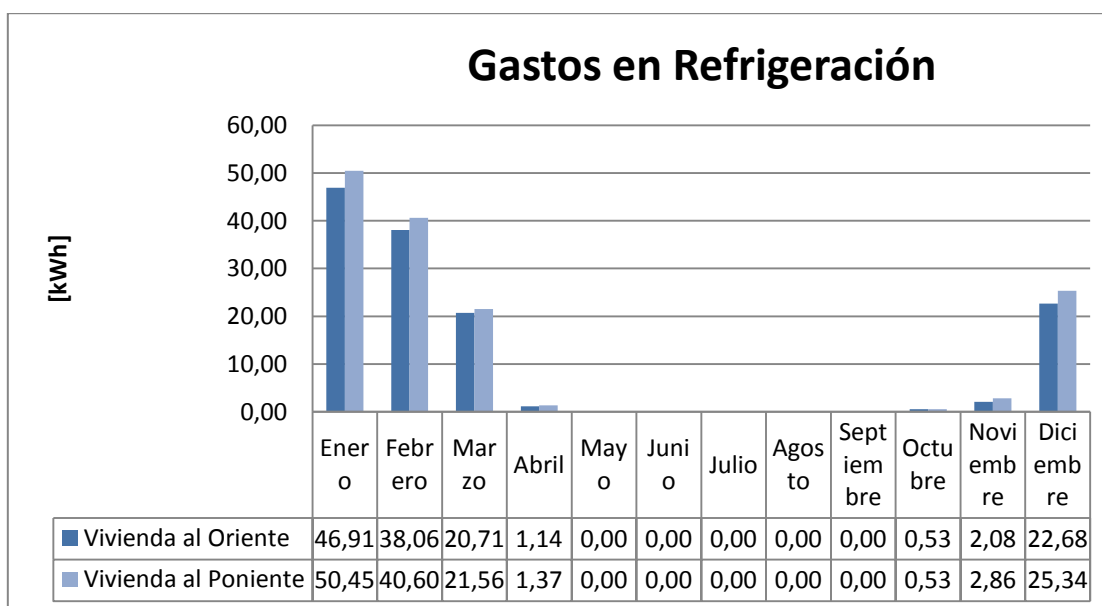
## Simulación Anual

Se ejecuta la simulación anual para obtener los gastos energéticos asociados a calefacción y refrigeración gracias a los datos climáticos del lugar obtenidos de la “ASHRAE”.

A continuación se presentan los gastos energéticos asociados a calefacción y refrigeración para ambas orientaciones de la vivienda de manera mensual, y finalmente una tabla resumen con los consumos anuales.



**Gráfico 5.2.4.2.c: Gastos mensuales en calefacción, Modelo 3.**



**Gráfico 5.2.4.2.d: Gastos mensuales en refrigeración, Modelo 3.**

Observando los resultados de ambas viviendas, notamos que en el caso de la calefacción se obtienen resultados casi iguales, con una diferencia de menos de un 1%, por otro lado en el caso de la refrigeración se obtuvieron diferencias de casi un 8%, debido a las condiciones de soleamiento según la orientación.

**Tabla 5.2.4.2.b: Resumen gastos anuales ambas viviendas, Modelo 3**

Vivienda	Calefacción [kWh]	Refrigeración [kWh]
Oriente	2939,58	132,11
Poniente	2916,69	142,70

#### 5.2.5 Modelo 4

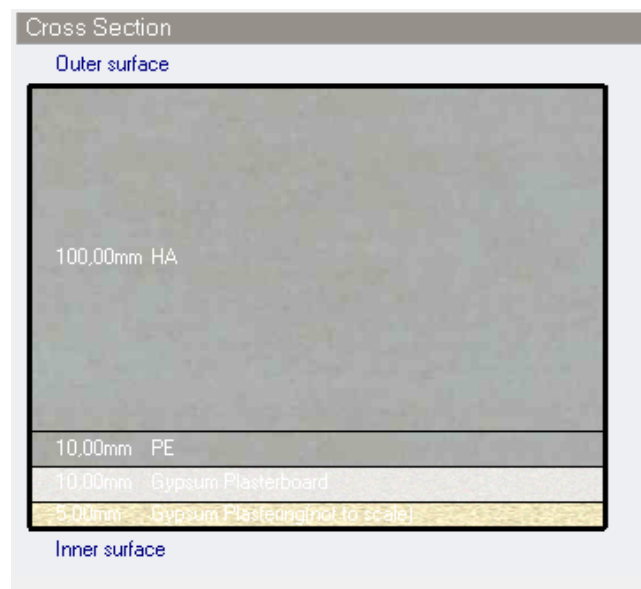
Finalmente el último caso a estudiar en el sector de Pudahuel, consta de la misma envolvente del caso base, con la diferencia que posee el techo de la vivienda con pintura Súper Therm.

### 5.2.5.1 Envolvente

A continuación se presentan los perfiles tanto para los muros exteriores como para la techumbre junto con sus propiedades térmicas.

#### **Muros exteriores:**

El perfil de muro exterior, desde la capa externa a la interna está compuesto por; muro estructural de hormigón armado de 10 [cm], 1 [cm] de poliestireno expandido, placa de yeso cartón de 1 [cm] y 0,5 [cm] de enlucido de yeso.



**Ilustración 5.2.5.1: Perfil muro exterior.**

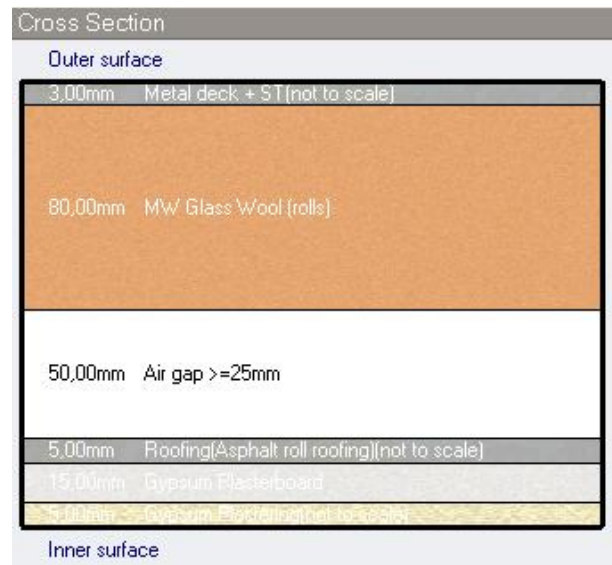
Las propiedades térmicas para el muro exterior quedan:

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,130
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,130
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	2,809
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	0,526
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>1,901</b>

**Ilustración 5.2.5.1.a: Propiedades térmicas muro exterior.**

### Complejo de Techumbre:

La techumbre está compuesta desde el exterior hacia el interior por; una capa de pintura Súper Therm de 0,025 [cm], Plancha metálica de 0,3 [cm], lana mineral en rollo de 8 [cm], fieltro asfáltico de 0,5[cm], placa de yeso cartón de 1,5 [cm], enlucido de yeso de 0,5 [cm].



**Ilustración 5.2.5.1.b: Perfil Techumbre.**

Las propiedades térmicas para la techumbre quedan:

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	4,460
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,100
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,813
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,187
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	0,435
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	2,439
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>0,410</b>

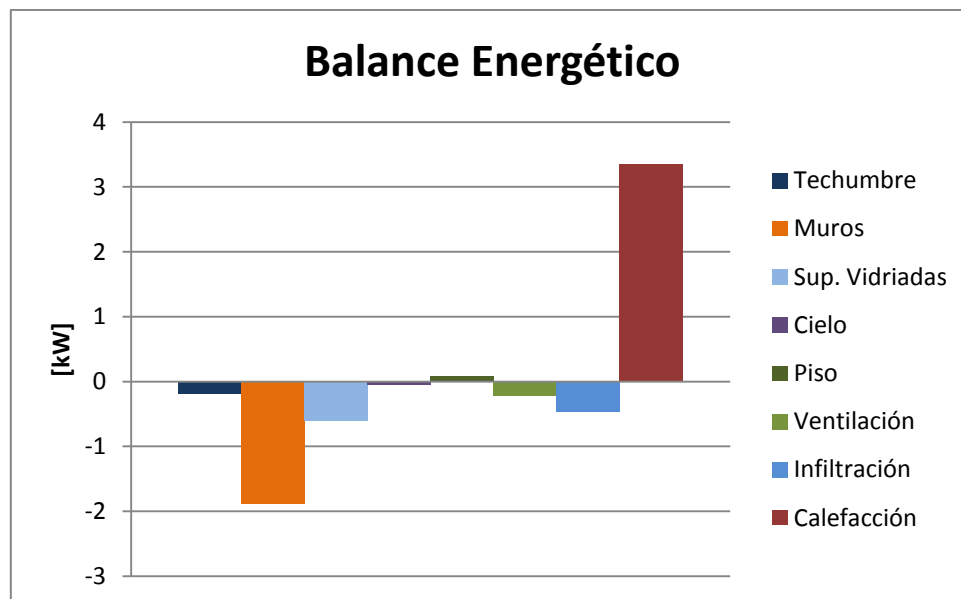
**Ilustración 5.2.5.1.c: Propiedades térmicas techumbre.**

### 5.2.5.2 Resultados

#### “Heating Design”

Se ejecuta el “Heating Design” para obtener las necesidades de calefacción de la vivienda, bajo la envolvente propuesta anteriormente.

A continuación se presenta un gráfico con el balance energético junto con una tabla resumen con las pérdidas a través de muros y techumbre, que nos permitirán comparar luego los distintos modelos.



**Gráfico 5.2.5.2: Balance energético para la condición de invierno, Modelo 5.**

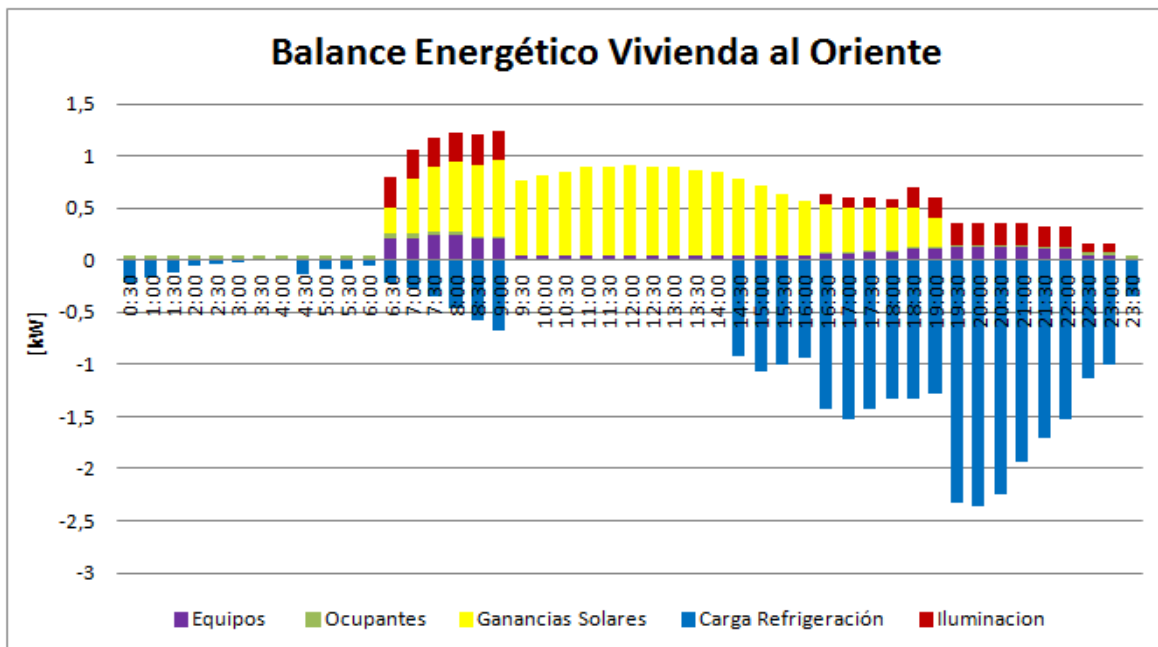
**Tabla 5.2.5.2: Perdidas a través de muros, techo, necesidades de calefacción.**

Balance energético	Modelo 4 [kW]
Roof	-0,19
Walls	-1,89
Calefacción	3,35

Así, utilizando un factor de seguridad de 1,2 se requiere un equipo con una capacidad de 4,02 [kW].

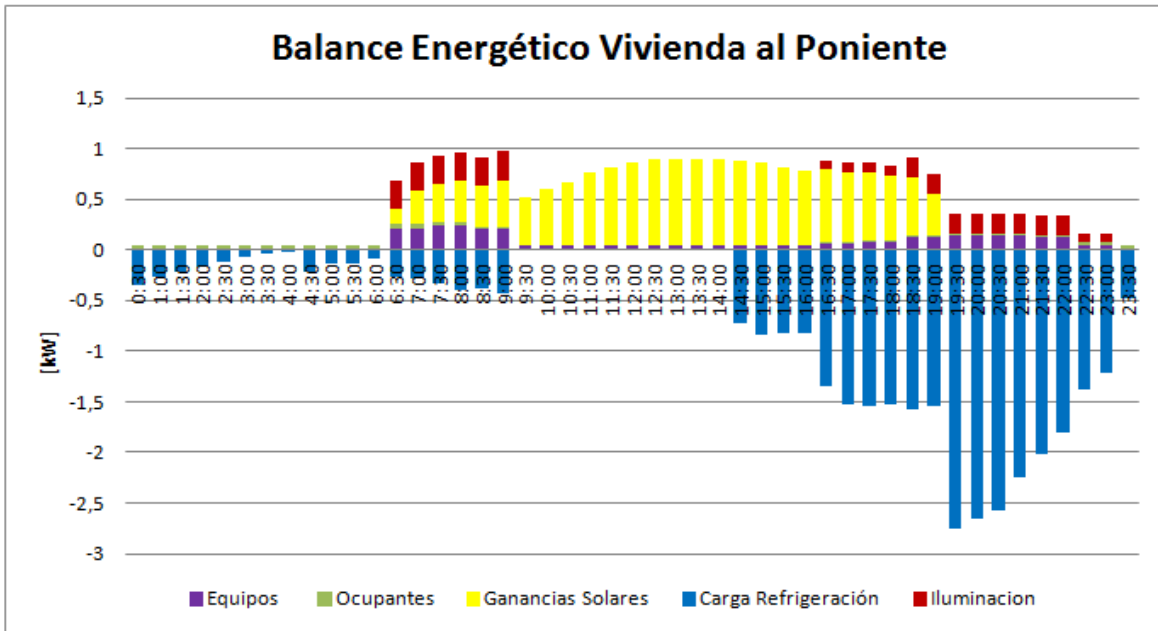
### “Cooling design”

Se ejecuta el “Cooling design” para obtener la capacidad de los equipos necesarios para mantener temperaturas de Confort en verano. A continuación se muestran los balances energéticos para las viviendas al Oriente y Poniente respectivamente, junto con las cargas de refrigeración necesarias para cada una de ellas y su capacidad de diseño al aplicar el factor de seguridad.



**Gráfico 5.2.5.2.a: Balance energético Vivienda al Oriente, Modelo 4.**





**Gráfico 5.2.5.2.b: Balance energético Vivienda al Poniente, Modelo 4**

**Tabla 5.2.5.a: Resumen Cargas de refrigeración y capacidad de diseño para ambas viviendas**

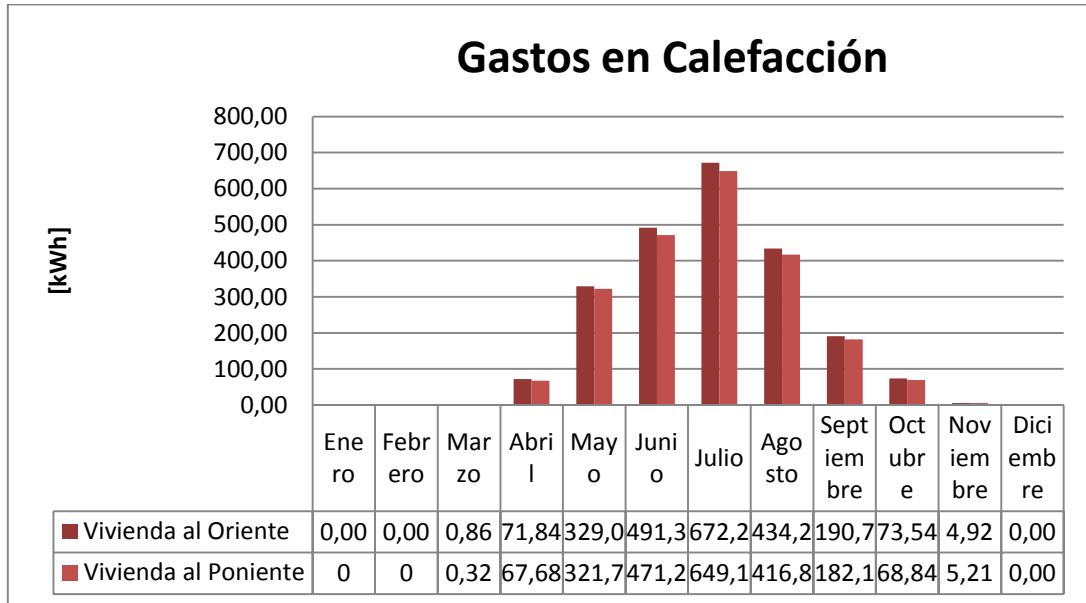
	Carga Refrigeración [kW]	Capacidad Diseño [kW]
Vivienda al Oriente	2,85	3,42
Vivienda al Poniente	2,89	3,468

Ahora para este modelo, donde solo se presenta la pintura en la techumbre, al estudiar las temperaturas en la vivienda sin la utilización de equipos refrigerantes, se obtienen temperaturas máximas para la vivienda oriente de 33,33°C a las 18:30 hrs, mientras para la vivienda poniente se obtiene una máxima de 33,65°C a las 19:00.

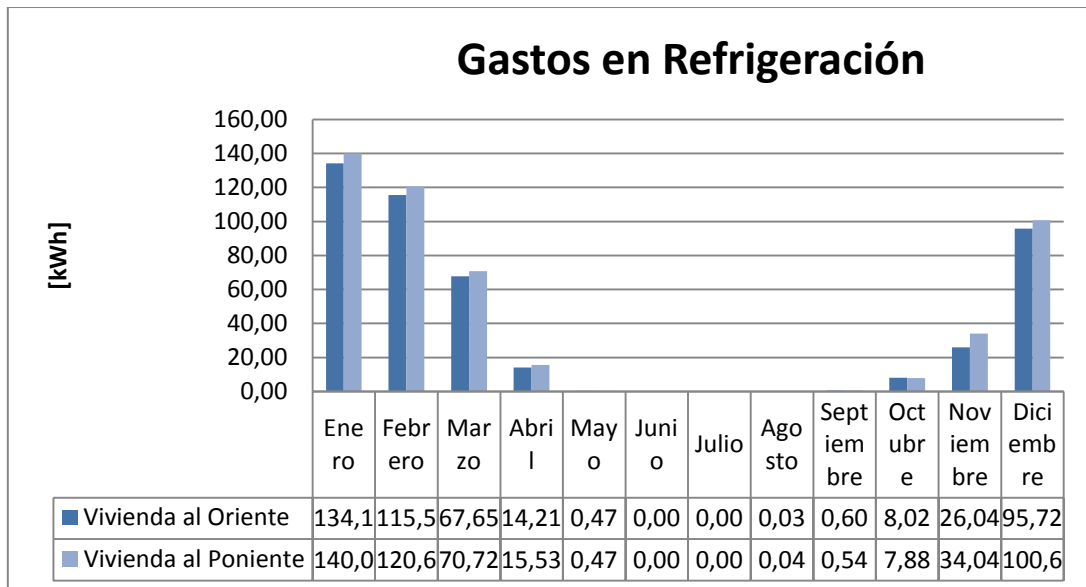
### Simulación Anual

Se ejecuta la simulación anual para obtener los gastos energéticos asociados a calefacción y refrigeración gracias a los datos climáticos del lugar obtenidos de la "ASHRAE".

A continuación se presentan los gastos energéticos asociados a calefacción y refrigeración para ambas orientaciones de la vivienda de manera mensual, y finalmente una tabla resumen con los consumos anuales.



**Gráfico 5.2.5.2.c: Gastos mensuales en calefacción, Modelo 4.**



**Gráfico 5.2.5.2.d: Gastos mensuales en Refrigeración, Modelo 4.**

Los efectos de la orientación en la vivienda bajo las condiciones de este modelo, se pueden ver en la tabla a continuación, donde las diferencias entre oriente y poniente para calefacción y refrigeración son de alrededor de un 5%.

**Tabla 5.2.5.2.b: Resumen gastos anuales ambas viviendas, Modelo 4.**

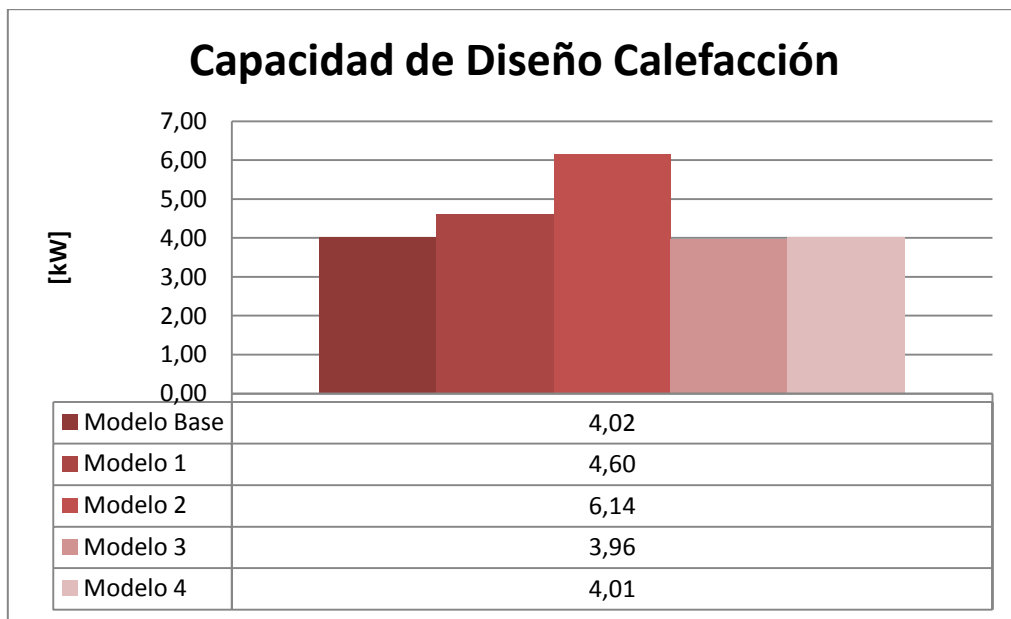
Vivienda	Calefacción [kWh]	Refrigeración [kWh]
Oriente	2268,73	462,40
Poniente	2183,14	490,53

### 5.2.6 Comparación de Modelos

Para comprender de mejor manera cómo es que se ven afectados los resultados obtenidos del Software Design Builder en los distintos modelos, en donde variaban las resistencias térmicas de los elementos de la envolvente de la vivienda entre ellos, además de la incorporación de la pintura, con características superficiales particulares, como una alta reflectividad y emisividad, que lo caracteriza como un aislante de tipo reflectivo, y por otro lado su aporte a la resistencia térmica total de muro y techumbre a pesar de su ínfimo espesor, es que se presentan a continuación gráficos comparativos de los distintos resultados obtenidos para cada modelo.

#### 5.2.6.1 Heating Design

Recordemos que las condiciones utilizadas en todos los modelos emplazados en Pudahuel, Santiago, para la obtención de las necesidades de calefacción de la vivienda fueron; temperatura exterior constante de  $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , viento de  $7,3\text{ m/s}$  con dirección al sur, no se consideran ganancias solares ni de ningún tipo al interior de la vivienda, por lo que los resultados entre oriente y poniente no tienen variación. A continuación se presenta un gráfico comparativo con las capacidades de diseño para calefacción obtenidas de los distintos modelos estudiados anteriormente.



**Gráfico 5.2.6.1: Capacidades de diseño de calefacción.**

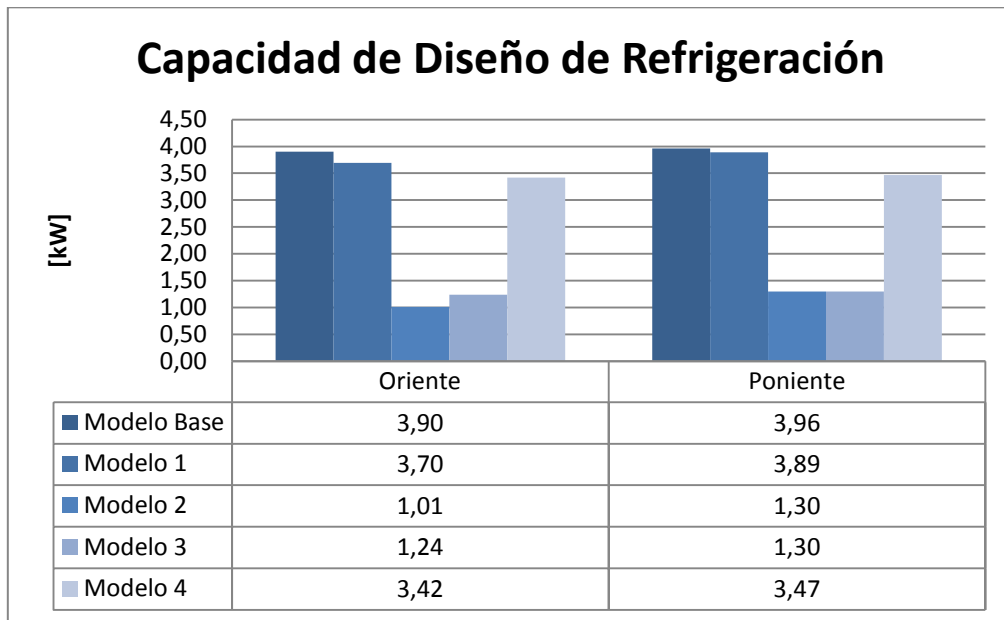
Del gráfico podemos observar, que los resultados obtenidos para el modelo base, 3 y 4, son prácticamente iguales, esto se debe a que bajo las condiciones en que se calcula la capacidad de diseño de calefacción, el factor más relevante es la resistencia térmica de la envolvente, sin importar las propiedades superficiales de los materiales de esta, que es lo que se varia al incorporar aislantes de tipo resistivo. Los resultados de los modelos 3 y 4 son levemente menores al base, debido a que en ellos se suma el aporte a la resistencia térmica de la pintura Súper Therm de 2 y 1 capa respectivamente.

Comparando el modelo base con el modelo 1, el cual incorpora los efectos de la humedad en la conductividad térmica de los distintos materiales presentes en la envolvente, podemos notar que la influencia de la humedad implica un aumento de un 13% en la capacidad de diseño para los equipos de calefacción. Por otra lado en el modelo 2, podemos cuantificar cuanto variaría la capacidad de diseño al no tener ningún tipo de aislante en la vivienda, se obtiene un aumento de un 35% frente a la capacidad del modelo base.

### 5.2.6.2 Cooling Design

Antes de estudiar la comparación de las capacidades de diseño para refrigeración de la vivienda, recordemos que en este caso si se consideran las ganancias internas de la vivienda como iluminación, equipos, ocupantes, etc. Además de las ganancias solares tanto de las superficies vidriadas como la que incide sobre los muros externos. En este caso al estar considerado los efectos del sol, debemos diferenciar los resultados por la orientación de la vivienda. El día de diseño utilizado fue el 15 de Enero, el cual nos brinda el recorrido del sol, y por otro lado se utilizan las temperaturas máximas que se pueden obtener para el sector de Pudahuel obtenidas de la base de datos de la ASHRAE.

A continuación se presenta un gráfico comparativo con las distintas capacidades de diseño para refrigeración, diferenciando entre los resultados obtenidos con las distintas orientaciones de la vivienda.



**Gráfico 5.2.6.2: Capacidades de diseño Refrigeración.**

Desde el punto de vista de la orientación, para una misma envolvente térmica de la vivienda, se obtienen resultados con una diferencia de menos de un 5 % entre la

vivienda orientada al poniente versus la oriente, con excepción del modelo numero 2, donde se presenta la vivienda sin aislante de masa, solo con la pintura Super Therm por el interior y exterior, aquí se tiene una diferencia de la capacidad de diseño de poco más de un 20% para la vivienda poniente versus la oriente.

Llama la atención entre los resultados obtenidos, los valores de diseño de refrigeración para el modelo 2, el cual presenta la envolvente con menores resistencias térmicas, y es la que presenta mejores resultados. Ahora si comparamos el modelo base, con el modelo 3, que presenta la envolvente de la vivienda base adicionándole la pintura Super Therm por el exterior, se reduce la capacidad de diseño de refrigeración en casi un 70% al aplicar la pintura. También cabe destacar que las menores capacidades de diseño se dan en los modelos que presentan las menores resistencias térmicas en su envolvente, esto lo podemos observar comparando el modelo 1, el cual incorpora los efectos negativos de la humedad en las conductividades térmicas de los materiales, respecto al modelo base.

Además de estudiar las capacidades los equipos de refrigeración, se estudió también, las temperaturas bajo condiciones de verano al no tener equipos de refrigeración en la vivienda. En la siguiente tabla se muestran dichas temperaturas según la orientación de la vivienda, además de la hora en que se producen.

**Tabla 5.2.6.2: Temperaturas máximas sin equipos de refrigeración para ambas orientaciones.**

	Pudahuel	Modelo Base	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Oriente	Hora	17:00	17:00	18:30	18:30	18:30
	T [°C]	34,29	35,11	27,86	28,24	33,33
Poniente	Hora	19:00	18:30	18:30	18:30	19:00
	T [°C]	34,53	35,8	28,02	28,56	33,65

De los resultados obtenidos en este análisis notamos que en todos los casos, la temperatura máxima alcanzada es levemente mayor para la vivienda situada al poniente, debido a que en esta incide el sol durante las horas de mayor temperatura del día. Ahora comparando los resultados entre los distintos modelos, cabe destacar las

máximas obtenidas para el modelo 2, el cual posee los valores más bajos de resistencias térmicas de su envolvente frente a los otros, pero incorpora la pintura reflectiva en ella. Es en este caso donde se obtienen las menores temperaturas, poco más de 3 grados sobre la temperatura máxima de confort en el caso oriente. Otros valores que llaman la atención, son los obtenidos para el modelo 3, donde al igual que en el modelo 2, se incorpora la pintura reflectiva por el exterior de la vivienda, pero en este caso también se cuenta con aislantes de masa por el interior de la vivienda, sin embargo, las máximas obtenidas en este caso son levemente mayores a las obtenidas sin estos aislantes de masa.

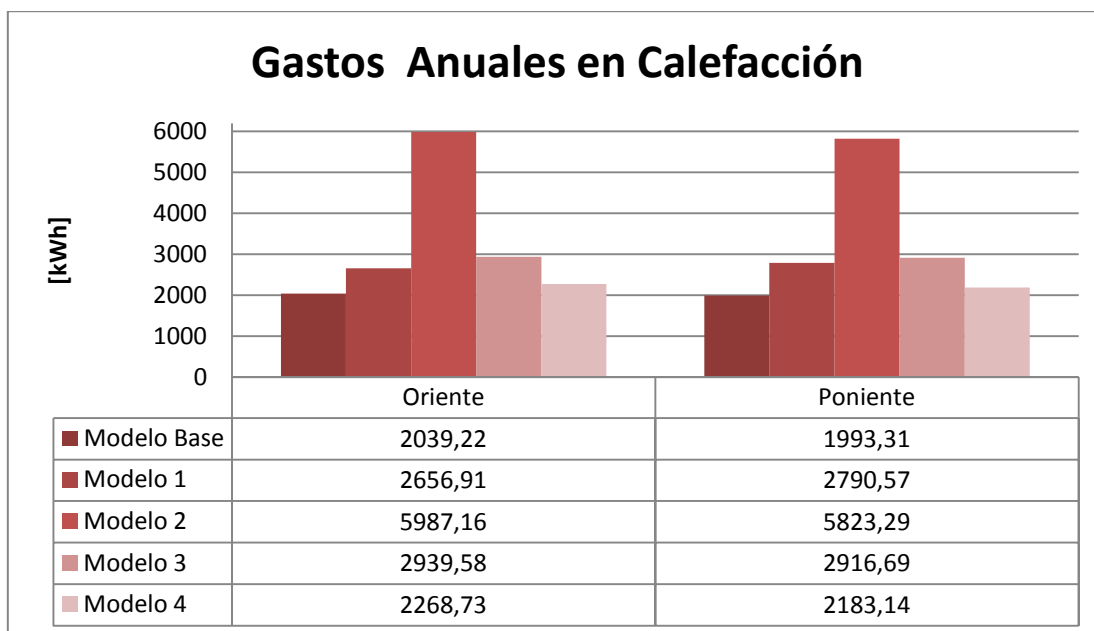
Ahora haciendo un análisis general de las temperaturas obtenidas en los diferentes modelos, notamos que en los casos donde no se presenta la pintura, modelo base y modelo 1, mientras peor es la envolvente, es decir, menores resistencias térmicas de muros y techo, se llegan a temperaturas máximas mayores. Por otro lado, al incorporar la pintura reflectiva, ocurre lo contrario, en el modelo con menores resistencias térmicas en su envolvente, es donde se producen las menores máximas.

#### *5.2.6.3 Simulación Anual*

Con la base de datos climática de la ASHRAE para el sector de Pudahuel, se realiza la simulación anual la cual calcula los gastos de calefacción y refrigeración de la vivienda a lo largo del año. Estos resultados se obtienen bajo las condiciones reales para el lugar donde se encuentra emplazada la vivienda, temperaturas, radiación incidente, además de en este caso si considerar ganancias internas de la vivienda. Los gastos obtenidos corresponderían a los que se obtendrían en una vivienda emplazada en ese sector, y bajo las condiciones de cada modelo, además de considerar las temperaturas de confort de entre 18 y 24°C.

#### **Gastos en calefacción**

A continuación se presenta un gráfico con los gastos anuales en calefacción para todos los modelos, tanto para la vivienda al oriente como poniente.



**Gráfico 5.2.6.3: Gastos anuales en calefacción.**

Las diferencias obtenidas para los mismos modelos, entre la vivienda oriente y poniente respectivamente, son menores al 5% en todos los casos, teniendo menores gastos la vivienda situada al poniente. Ahora bien esta diferencia se hace menor al incorporar un aislante de tipo radiativo, ya que esta diferencia de gasto en calefacción se debe al efecto del sol sobre la vivienda, tanto en superficies vidriadas como opacas.

Ahora si comparamos el modelo base con el modelo 1, el cual incorpora los efectos de la humedad sobre los materiales, vemos que los gastos respecto a la vivienda base aumentan en alrededor de un 30% por efectos de la humedad, lo cual puede significar monetariamente una diferencia importante, lo que será evaluado más adelante.

Al eliminar los aislantes de masa, y reemplazarlos por la pintura vemos que el gasto en calefacción ve aumentado su valor en casi 3 veces el obtenido para el caso base, lo que era predecible, ya que se tiene una envolvente con muy bajas resistencias térmicas en este caso.

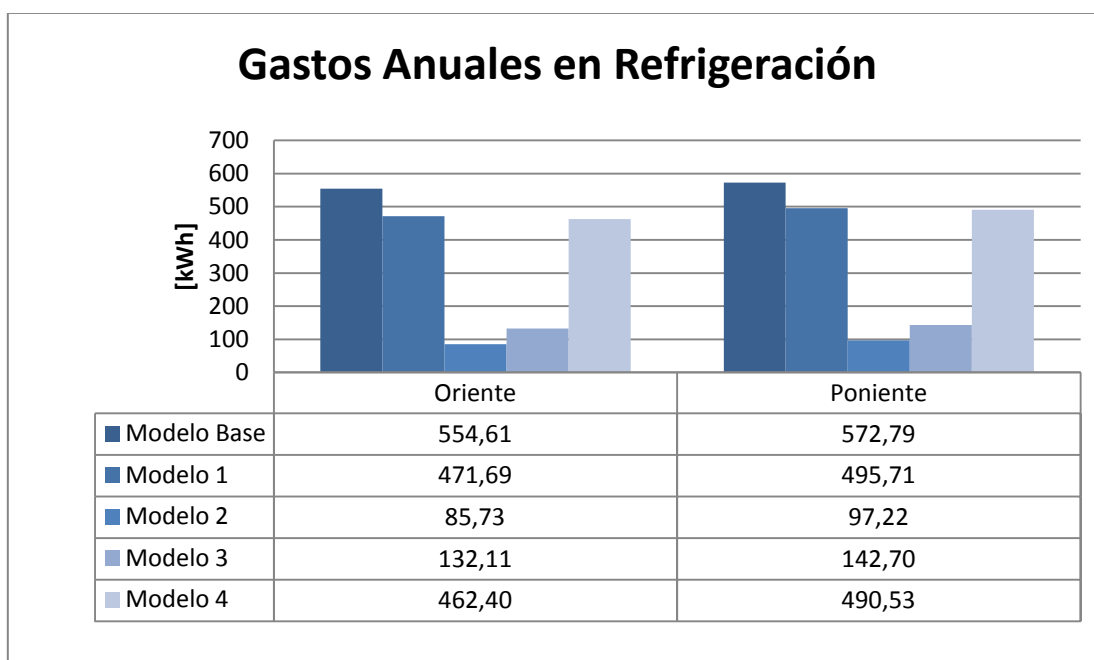
Los modelos 3 y 4 que son básicamente el base incorporando la pintura en muros y techo en primer lugar, y finalmente solo en el techo, ven aumentado el valor en



calefacción respecto al base a pesar del aporte a la resistencia térmica que presenta la pintura. Al aplicar la pintura en muros y techo, se ven aumentados los gastos en calefacción en casi un 45%, mientras que al aplicarla solo en el techo se aumentan los gastos en un 11%. Esto se deberá evaluar de manera global más adelante considerando calefacción y refrigeración, ya que como ya vimos, la pintura tiene un gran impacto en los gastos de refrigeración.

### Gastos en Refrigeración

A continuación se presenta un gráfico con los gastos anuales en refrigeración para todos los modelos, tanto para la vivienda al oriente como poniente.



**Gráfico 5.2.6.3.a: Gastos anuales en Refrigeración.**

En primer lugar notamos que al tener una envolvente con peores resistencias térmicas, se ve aumentada la diferencia en gastos de refrigeración entre las viviendas oriente y poniente. Esto lo podemos ver al comparar el modelo base, donde la vivienda poniente tiene un gasto alrededor de un 3% mayor respecto a la oriente, y luego de incorporar la humedad en el modelo 1, por tanto empeorar las resistencias térmicas de la envolvente, la vivienda poniente posee un gasto un 5% mayor a la vivienda al oriente.

Ahora si se incorpora la pintura Super Therm por el exterior, en el modelo 3 vemos que el delta entre la vivienda al oriente versus la poniente aumenta a un 8%.

De los resultados obtenidos, llama la atención que el modelo 1, con peores resistencias térmicas en la envolvente debido a la humedad respecto al base, obtiene mejores resultados. También si observamos los resultados del modelos 2, donde no existen aislantes de masa, solo la pintura por el interior y exterior, se obtienen valores de la sexta parte de los obtenidos en el modelo base en gastos de refrigeración.

Ahora observando el modelo 3, donde se combinan la aislación de la vivienda base con la pintura Súper Therm por el exterior, vemos que los gastos en refrigeración quedan reducidos a la cuarta parte de los obtenidos en el modelo base, es decir, alrededor de un 75% de reducción en los gastos de refrigeración.

### **5.3 Zona térmica 1: Antofagasta**

Luego de estudiar y analizar los diferentes modelos para la zona térmica 3, se situara la vivienda base en la ciudad de Antofagasta, (-23,43° S; -70,45° O), Región de Antofagasta. Los datos de la zona climática se han obtenido de la base de datos internacional de la ASHRAE, “American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers”.

Se escoge la ciudad de Antofagasta, ya que en esta zona se tienen altas radiaciones solares, sobre todo en los meses de verano, con lo que un aislante de tipo reflectivo pudiese tener un buen comportamiento. Pese a no ser una ciudad donde se alcancen temperaturas y radiaciones extremas como si lo pudiesen ser ciudades de la región de Antofagasta en el sector cordillerano, ésta, al estar influenciada por el mar, no posee grandes oscilaciones entre las temperaturas mínimas y máximas a lo largo del día, con lo que la inercia térmica de la vivienda pasa a tener menor importancia.

La vivienda se sitúa en la zona térmica 1 según la OGUC, con lo que debe cumplir con tener una transmitancia térmica menor a 0,84 [W/ m<sup>2</sup> K] en el caso de la techumbre, y de 4 [W/ m<sup>2</sup> K] para el caso de los muros. Además al poseer vidrio monolítico, la superficie vidriada no debe exceder el 50% de la superficie de muros exteriores.

### *5.3.1 Modelo Base*

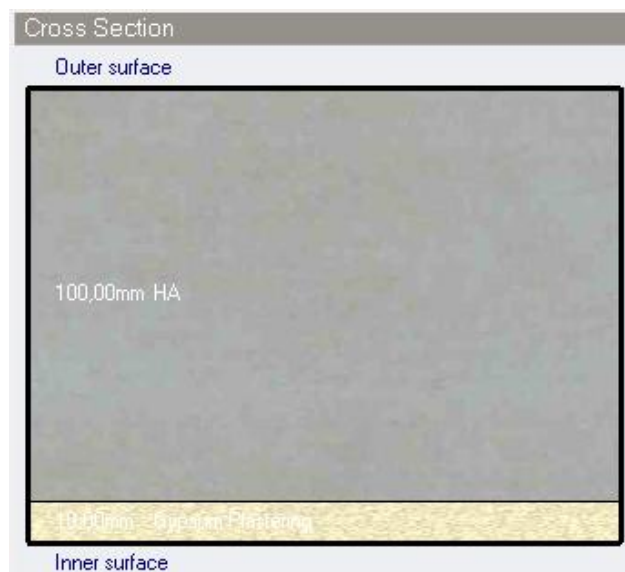
Al igual que para la ciudad de Santiago, en primer lugar, se modelara la vivienda cumpliendo los requisitos impuestos por la OGUC para la zona térmica 1, mencionados anteriormente. Estos resultados nos servirán como base para la posterior comparación de los distintos modelos en dicha zona térmica.

#### *5.3.1.1 Envolverte*

A continuación se presentan los perfiles de muros y techumbre utilizados en este modelo, además de sus propiedades térmicas, verificando que cumplan con los requisitos de la OGUC para la zona térmica. Solo se presentan dichos perfiles, ya que son los que irán cambiando a través de los distintos modelos.

#### **Muros Exteriores:**

El perfil de muro utilizado en este modelo, desde capa externa a la interna, consta de un muro estructural de hormigón armado de 10 [cm], y por el interior 1 [cm] de enlucido de yeso.



**Ilustración 5.3.1.1: Perfil muro exterior.**

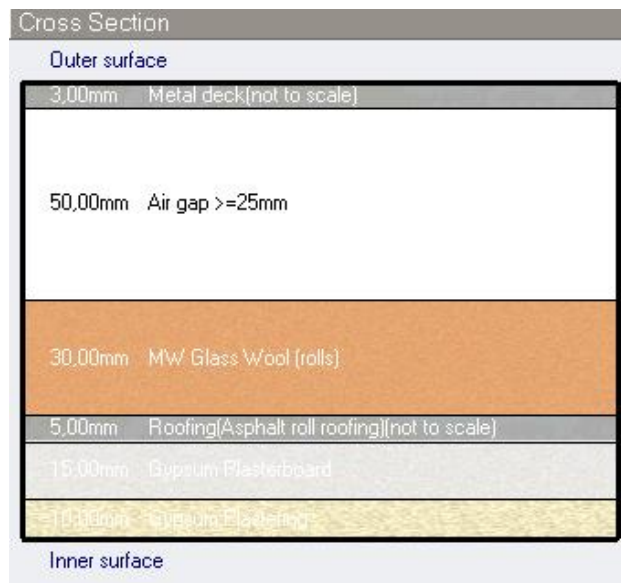
Las propiedades térmicas para el muro exterior quedan:

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,130
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,130
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	11,581
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	0,256
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>3,901</b>

**Ilustración 5.3.1.1.a: Propiedades térmicas muro exterior.**

### Complejo de techumbre

El complejo de techumbre lo componen en este caso desde el exterior al interior; Plancha metálica de 0,3 [cm], lana mineral en rollo de 3 [cm], fieltro asfáltico de 0,5 [cm], placa de yeso cartón de 1,5 [cm], y finalmente enlucido de yeso de 1 [cm].



**Ilustración 5.3.1.1.b: Perfil complejo techumbre**

Las propiedades térmicas para el complejo de techumbre quedan:

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	4,460
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,100
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,130
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	0,960
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	1,182
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>0,846</b>

**Ilustración 5.3.1.1.c: Propiedades térmicas techumbre.**

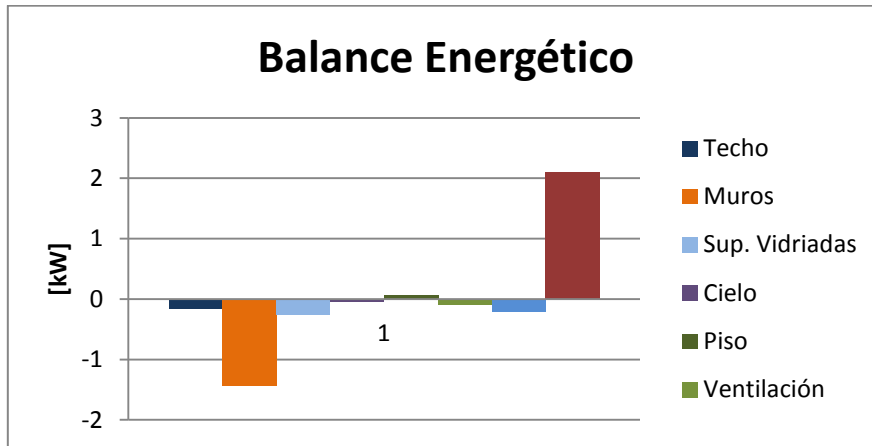
### 5.3.1.2 Resultados

#### “Heating Design”:

Se ejecuta el “Heating Design”, el cual nos permitirá obtener la potencia necesaria para mantener los parámetros de confort dentro de la vivienda, en condiciones de invierno. Las condiciones preestablecidas para la ciudad de Antofagasta son de 10 °C de temperatura exterior, viento de 10,3 m/s por la cara norte de las

viviendas. Las ganancias solares y las internas no son consideradas. Bajo estas condiciones se realiza el balance energético entre las pérdidas a través de la envolvente, y por consiguiente la potencia requerida para calefaccionar la vivienda.

A continuación se presenta un gráfico con el balance energético de la vivienda bajo condiciones de invierno, además de una tabla resumen con las perdidas y necesidades de calefacción más relevantes.



**Ilustración 5.3.1.2: Balance energético para la condición de invierno Modelo Base.**

**Tabla 5.3.1.2: Perdidas a través de muro y techo, requisitos de calefacción.**

Balance energético	Modelo Base [kW]
Techo	-0,16
Muros	-1,43
Calefacción	2,11

Al no considerarse las ganancias solares, ni interiores, los resultados tanto para la vivienda oriente como poniente son iguales en el caso del "Heating Design". Así obtenido el balance energético de la vivienda, y utilizando un factor de seguridad igual a 1,2 predeterminado por el programa para cuantificar los requisitos de los equipos para calefacción, se requiere un equipo con una potencia de 2,526 [kW] para satisfacer las necesidades de invierno de la vivienda.

## “Cooling Design”:

Los cálculos para el diseño de refrigeración, se llevan a cabo para determinar la potencia de los equipos de refrigeración, que nos permita obtener condiciones de confort dentro de la vivienda bajo condiciones de verano, es decir, 24 °C dentro de la vivienda para el día de mayores temperaturas donde está emplazada la vivienda.

A diferencia del caso anterior, si se consideran las ganancias internas y solares, por lo que en este caso, se debe diferenciar entre la vivienda al oriente y poniente. Para ello se utiliza un día completo de diseño, lo que nos permite cuantificar la incidencia del sol en la vivienda a lo largo del día. Se utiliza el día 15 de Enero de manera predeterminada, para ello.

A continuación se presentan los gráficos con los balances energéticos para ambas viviendas, con sus respectivas tablas de la capacidad de diseño de refrigeración. Esta se obtiene tomando el mayor requerimiento de refrigeración a lo largo del día, para cada uno de los espacios de la vivienda. Luego al igual que en el caso anterior se utiliza un factor de seguridad de 1,2 para garantizar las condiciones de confort dentro de la vivienda.

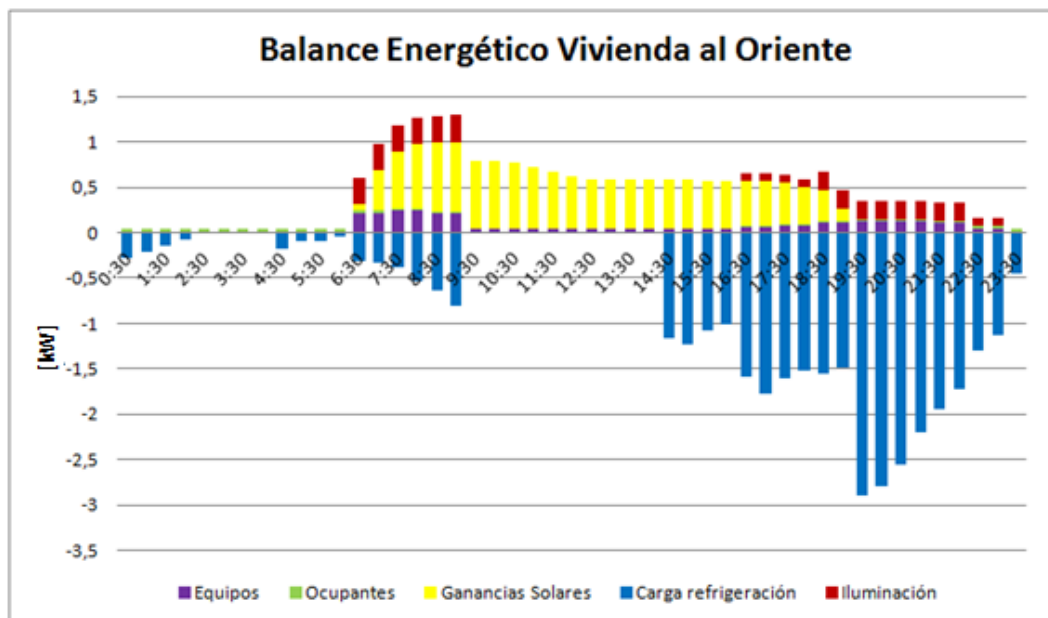
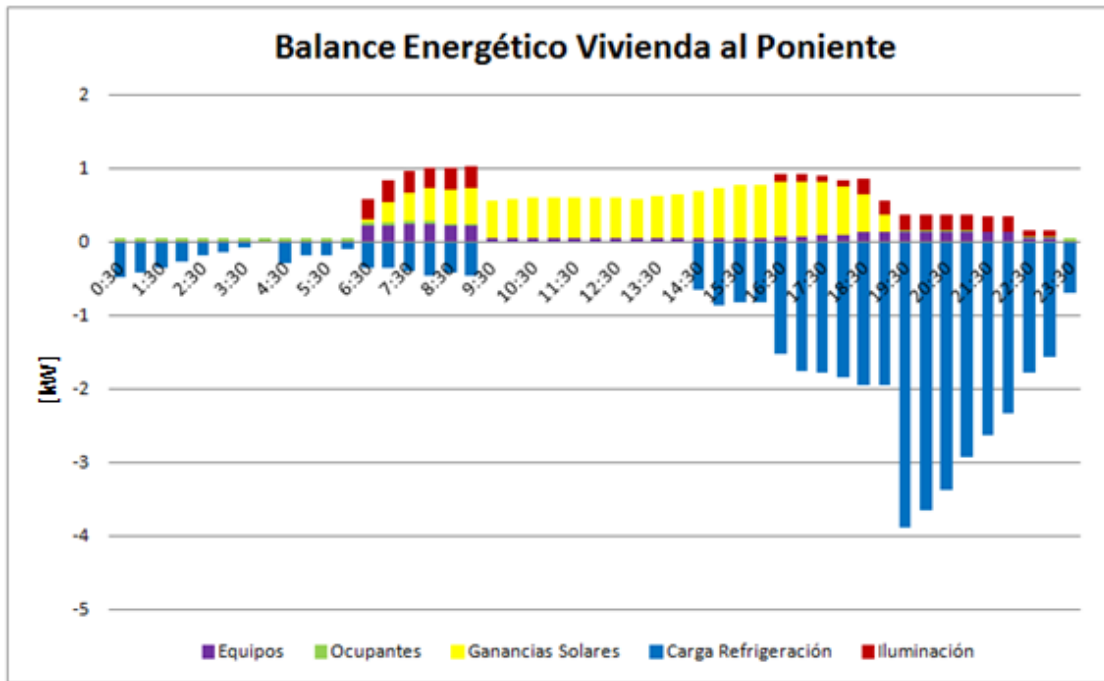


Ilustración 5.3.1.2.a: Balance Energético Vivienda al Oriente Modelo Base.



**Ilustración 5.3.1.2.b: Balance Energético Vivienda al Poniente Modelo Base.**

**Tabla 5.3.1.2.a: Resumen Carga de Refrigeración y Capacidad de diseño para ambas viviendas.**

Modelo Base	Carga Refrigeración [kW]	Capacidad Diseño [kW]
Vivienda al Oriente	3,46	4,15
Vivienda al Poniente	4,01	4,81

Por otra parte, bajo las mismas condiciones en que se calcula la capacidad de diseño de los equipos de refrigeración, se estudió las temperaturas máximas que alcanzaría la vivienda en caso de no existir refrigeración. Para la vivienda oriente se alcanza una temperatura máxima de 32,29°C a las 18:30 hrs, mientras que para la poniente se alcanza una máxima de 33,28°C para la misma hora.

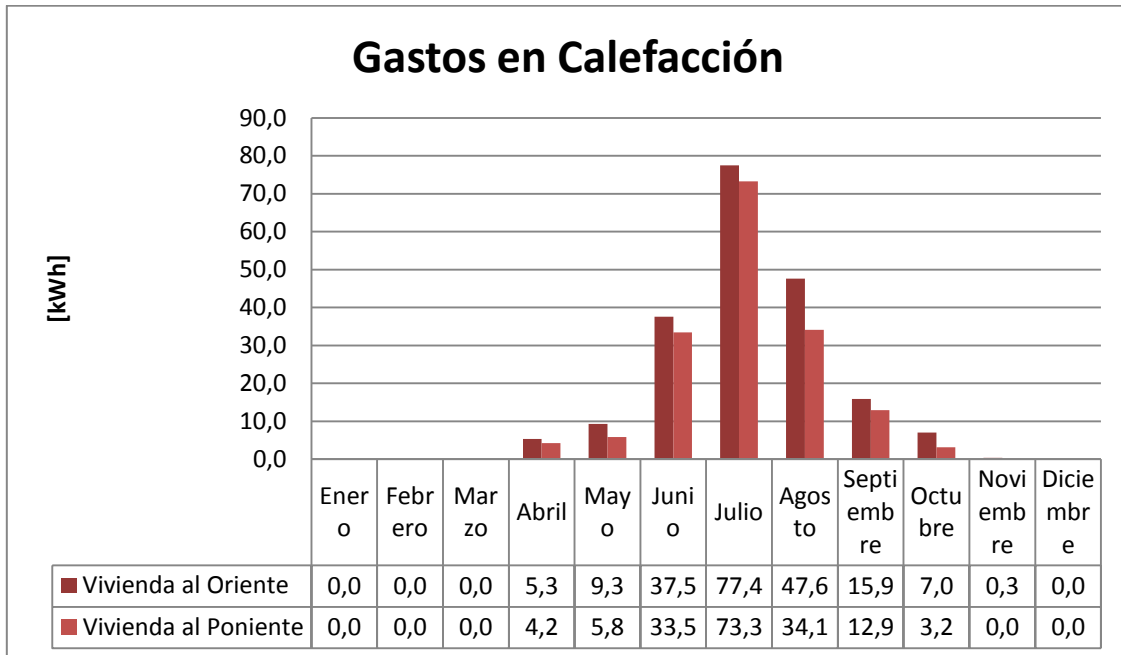
### Simulación Anual

Con los datos climáticos para la zona donde se emplaza la vivienda, obtenidos de la ASHRAE, “American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning

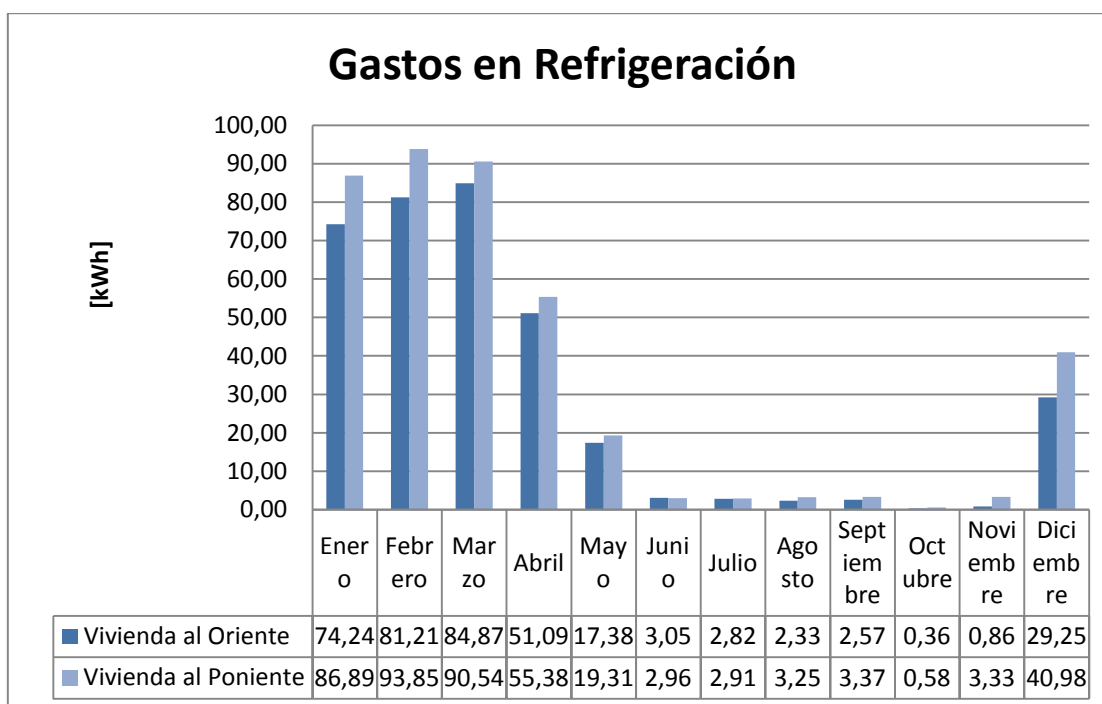


Engineers”, se realiza una simulación de los gastos energéticos asociados a la vivienda. Son de nuestro interés en este estudio los gastos en calefacción y refrigeración, para posteriormente comparar estos resultados al ir variando la envolvente de la vivienda.

A continuación se presentan los gastos energéticos asociados a calefacción y refrigeración para ambas orientaciones de la vivienda de manera mensual, y finalmente una tabla resumen con los consumos anuales.



**Ilustración 5.3.1.2.c: Gastos mensuales en calefacción, Modelo Base.**



**Ilustración 5.3.1.2.d: Gastos mensuales en Refrigeración, Modelo Base.**

Al igual que para la ciudad analizada anteriormente, debemos presentar los resultados de manera que se pueda observar el efecto de la orientación de la vivienda en los gastos de calefacción y refrigeración. En la tabla presentada a continuación, notamos que las diferencias obtenidas son aproximadamente un 15% tanto para el caso de calefacción como refrigeración.

**Tabla 5.3.1.2.b: Resumen gastos anuales ambas viviendas Modelo Base.**

Vivienda	Calefacción [kWh]	Refrigeración [kWh]
Oriente	200,45	350,02
Poniente	167,03	403,35

### 5.3.2 Modelo 1

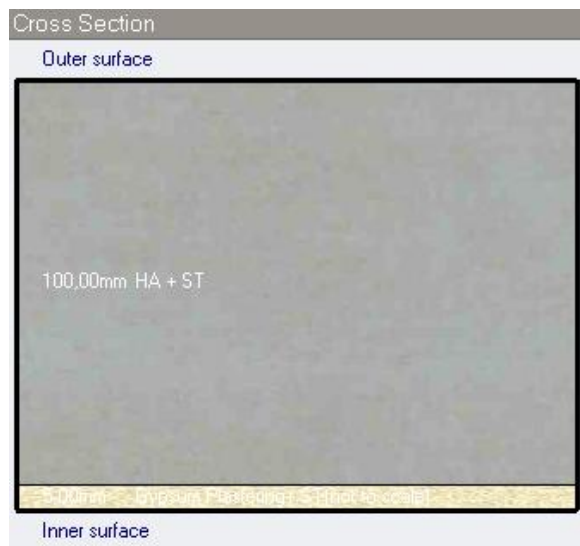
Luego de estudiado el modelo en donde se cumple con los requisitos establecidos en la OGUC utilizando aislantes de masa, se estudiara en este modelo, la posibilidad de reemplazar este aislante por la pintura Súper Therm, en este caso por el interior y exterior, en muros y techumbre

### 5.3.2.1 Envolvente

A continuación se presentan los perfiles de muros exteriores y techumbre utilizados en este modelo, junto con sus propiedades térmicas.

#### **Muros exteriores:**

El perfil de muro utilizado en este modelo, desde capa externa a la interna, consta de una capa de pintura Súper Therm de 0,025 [cm], muro estructural de hormigón armado de 10 [cm], 0,5 [cm] de enlucido de yeso, y por el interior una capa de pintura de 0,025 [cm].



**Ilustración 5.3.2.1: Perfil muro exterior.**

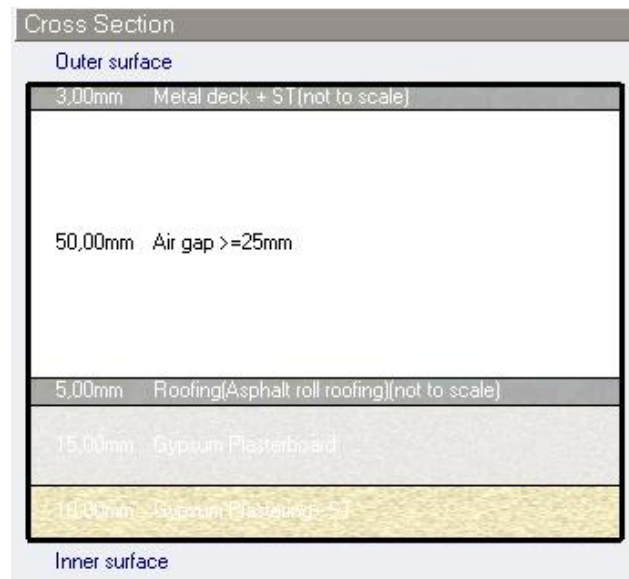
Las propiedades térmicas para el muro quedan:

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	2,090
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,602
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,130
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,813
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,187
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	9,801
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	0,272
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>3,676</b>

**Ilustración 5.3.2.1.a: Propiedades térmicas muros exterior.**

### **Techumbre:**

El complejo de techumbre lo componen en este caso desde el exterior al interior; Capa de pintura Súper Therm de 0,025[cm], Plancha metálica de 0,3 [cm], fieltro asfáltico de 0,5 [cm], placa de yeso cartón de 1,5 [cm], enlucido de yeso de 1 [cm], y finalmente una capa de pintura Súper Therm de 0,025 [cm].



**Ilustración 5.3.2.1.b: Perfil techumbre.**

Las propiedades térmicas para la techumbre quedan:

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	4,398
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,602
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,100
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,813
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,187
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	3,029
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	0,470
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>2,127</b>

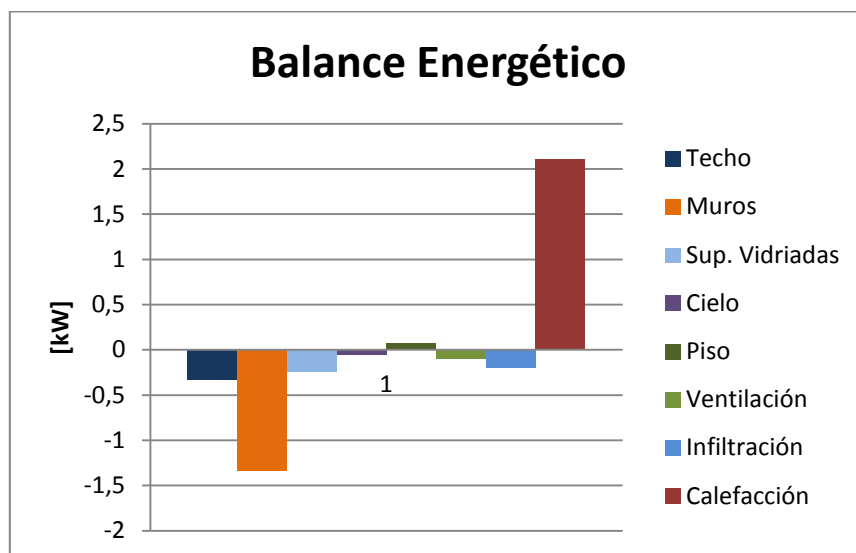
**Ilustración 5.3.2.1.c: Propiedades térmicas techumbre.**

### 5.3.2.2 Resultados

#### “Heating Design”

Se ejecuta el “Heating Design” para obtener las necesidades de calefacción de la vivienda, bajo la envolvente propuesta anteriormente. Las condiciones utilizadas para el cálculo son idénticas a las utilizadas en el modelo base.

A continuación se presenta un gráfico con el balance energético junto con una tabla resumen con las pérdidas a través de muros y techumbre, variables a través de los distintos modelos, además de las necesidades de calefacción obtenidas.



**Gráfico 5.3.2.2: Balance energético para la condición de invierno, Modelo 1.**

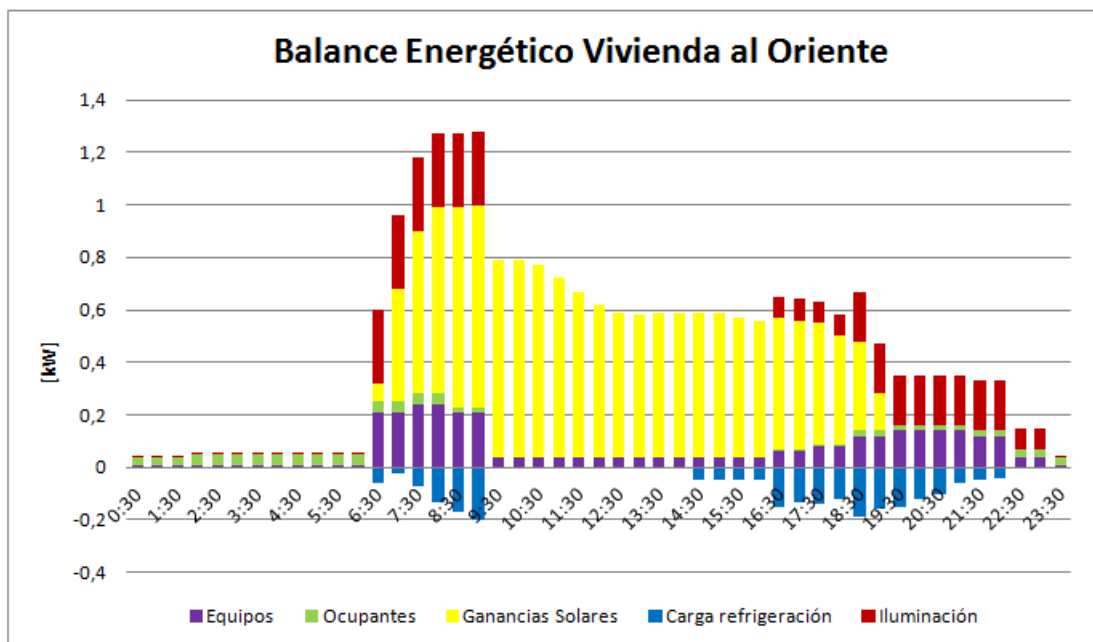
**Tabla 5.3.2.2: Pérdidas a través de muros, techo, necesidades de calefacción.**

Balance energético	Modelo 1 [kW]
Roof	-0,33
Walls	-1,335
Calefacción	2,185

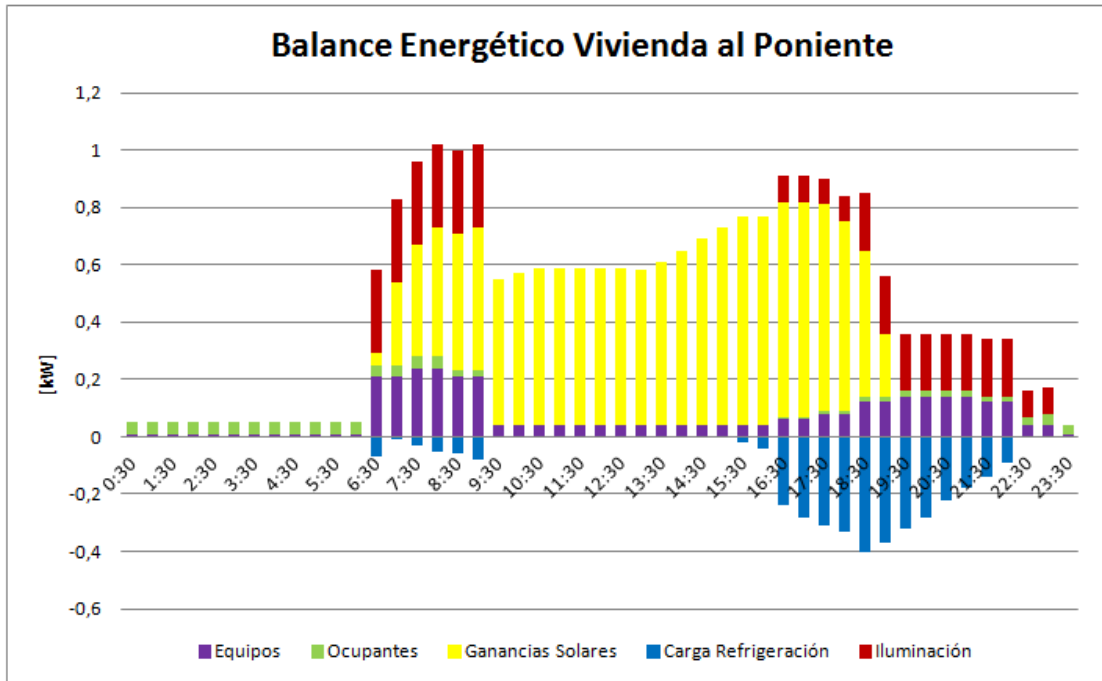
Luego utilizando el factor de seguridad 1,2 para el diseño de calefacción, se requiere un equipo con una capacidad de 2,62 [kW] para asegurar las temperaturas de Confort bajo condiciones de invierno.

### “Cooling Design”

Ahora para la obtención de las necesidades de refrigeración, se ejecuta el “Cooling Design” bajo las condiciones de verano de la ciudad de Antofagasta. A continuación se presentan los balances energéticos para las viviendas oriente y poniente, además de las cargas de refrigeración necesarias para satisfacer las necesidades de verano, junto con las capacidades de diseño al aplicar el factor de seguridad.



**Gráfico 5.3.2.2.a: Balance energético Vivienda al Oriente, Modelo 1.**



**Gráfico 5.3.2.2.b: Balance energético Vivienda al Poniente, Modelo1.**

**Tabla 5.3.2.2.a: Resumen cargas de refrigeración y capacidad de diseño para ambas viviendas**

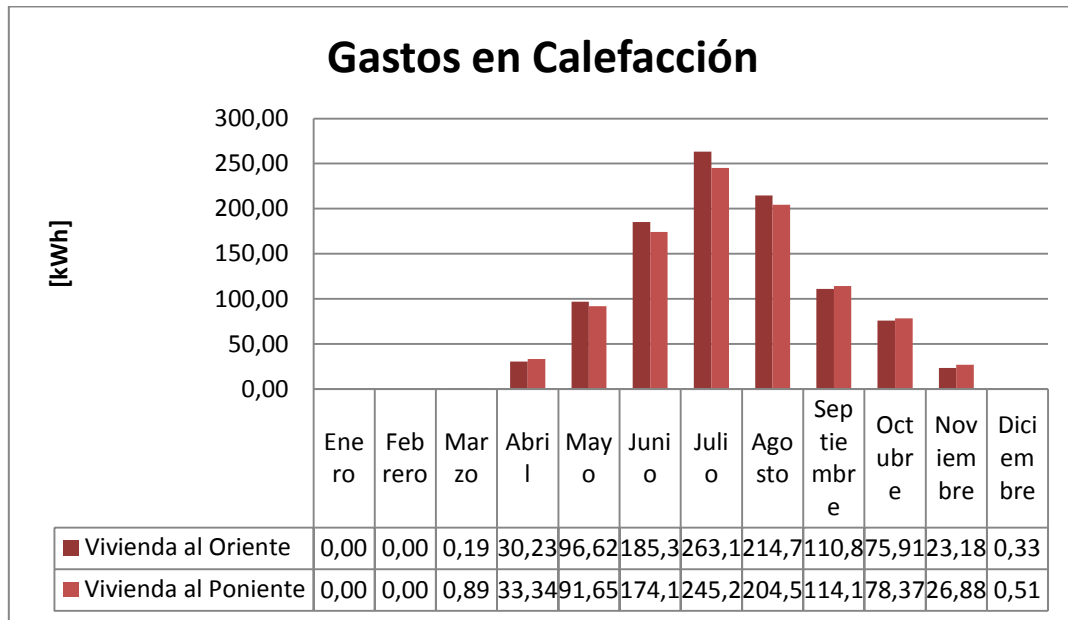
Modelo 1	Carga Refrigeración [kW]	Capacidad Diseño [kW]
Vivienda al Oriente	0,32	0,384
Vivienda al Poniente	0,41	0,492

Al igual que en el modelo anterior, se observaron las temperaturas a lo largo del día, bajo las mismas condiciones utilizadas para el cálculo de los equipos de refrigeración, de manera de obtener las temperaturas máximas sin la utilización de ellos. En la vivienda oriente, se alcanza una máxima de 24,99°C a las 18:30 hrs, mientras que en la poniente una máxima de 25,39°C para el mismo horario.

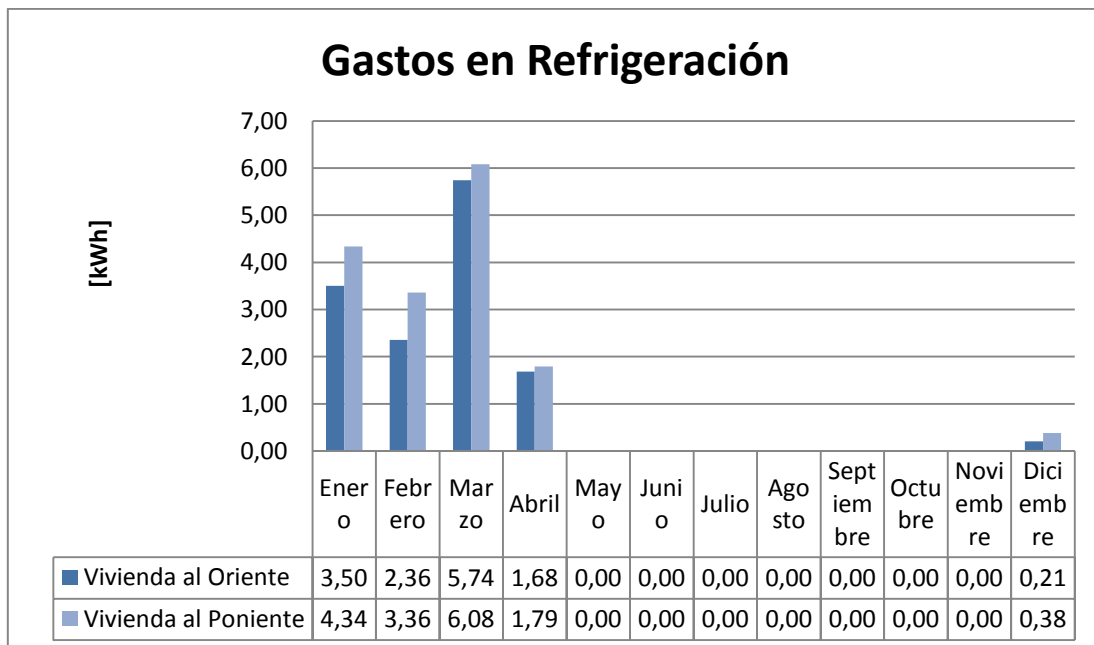
### Simulación Anual

Se ejecuta la simulación anual para la obtención de los gastos asociados a calefacción y refrigeración de la vivienda, gracias a los datos climáticos del lugar obtenidos de la ASHRAE.

A continuación se presentan los gastos energéticos asociados a calefacción y refrigeración para ambas orientaciones de la vivienda de manera mensual, y finalmente una tabla resumen con los consumos anuales.



**Gráfico 5.3.2.2.c: Gastos mensuales en calefacción, Modelo 1.**



**Gráfico 5.3.2.2.d: Gastos mensuales en Refrigeración, Modelo 1.**



La influencia del soleamiento en este modelo la podemos observar en la tabla a continuación, donde los gastos en calefacción son un 3% menores al poniente respecto al oriente, y por otro lado, los gastos en refrigeración ven un aumento del 18% en la vivienda poniente respecto al oriente.

**Tabla 5.3.2.2.b: Resumen Gastos anuales ambas viviendas, Modelo 1.**

Vivienda	Calefacción [kWh]	Refrigeración [kWh]
Oriente	1000,70	13,49
Poniente	969,69	15,96

### 5.3.3 Modelo 2

Ya estudiada la vivienda con aislantes de masa en primer lugar, luego con la pintura reflectante, se estudiara una combinación de ambos aislantes en busca de reducir al mínimo los gastos en las obtención de las temperaturas de Confort para el sector de Antofagasta. Este modelo consta básicamente de la envolvente del modelo base con la adición de la pintura Súper Therm por el exterior de muros y techumbre.

#### 5.3.3.1 Envolvente

A continuación se presentan los perfiles de muros exteriores y techumbre utilizados en este modelo, junto con sus propiedades térmicas.

#### **Muros exteriores:**

El perfil de muro utilizado en este modelo, desde capa externa a la interna, consta de una capa de pintura Súper Therm de 0,025 [cm], muro estructural de hormigón armado de 10 [cm], y por el interior 0,5 [cm] de enlucido de yeso.



**Ilustración 5.3.3.1: Perfil muro exterior.**

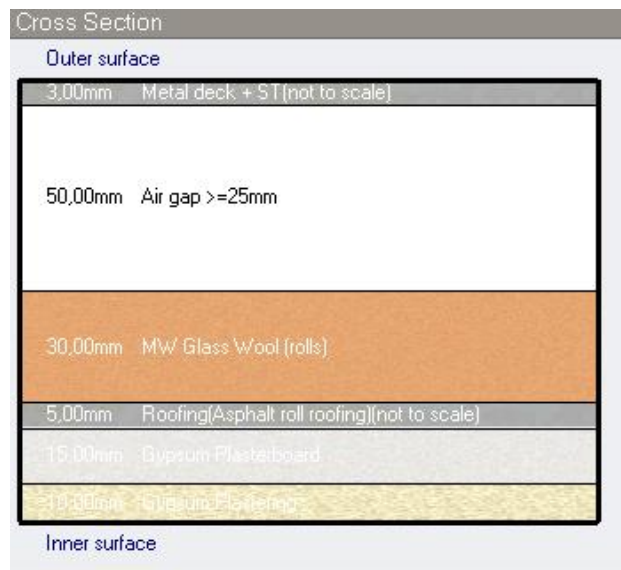
Las propiedades térmicas para el muro quedan:

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,130
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,813
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,187
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	10,811
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	0,262
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>3,810</b>

**Ilustración 5.3.3.1.a: Propiedades térmicas muros exterior.**

### **Techumbre:**

El complejo de techumbre lo componen en este caso desde el exterior al interior; Capa de pintura Súper Therm de 0,025 [cm] Plancha metálica de 0,3 [cm], 3 [cm] de lana mineral, fieltro asfáltico de 0,5 [cm], placa de yeso cartón de 1,5 [cm], y finalmente enlucido de yeso de 1 [cm].



**Ilustración 5.3.3.1.b: Perfil techumbre.**

Las propiedades térmicas para la techumbre quedan:

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	4,460
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,100
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,813
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,187
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	0,942
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	1,201
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>0,833</b>

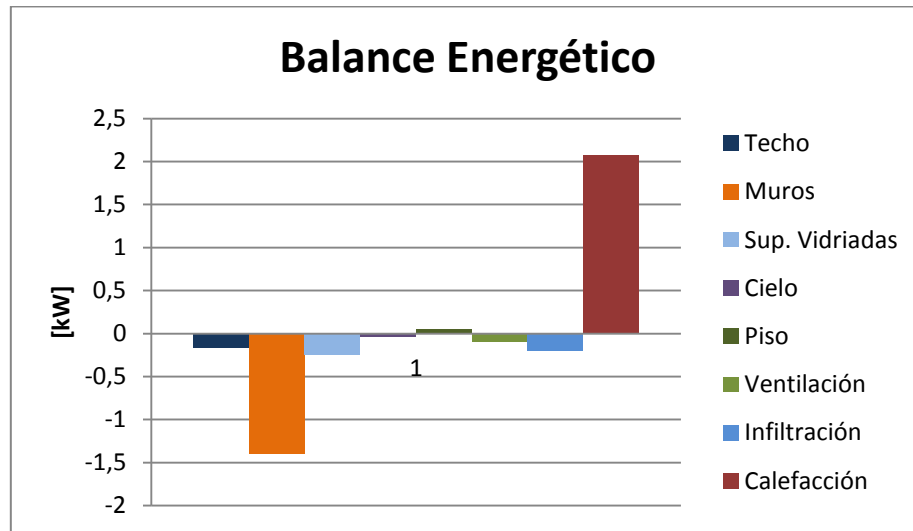
**Ilustración 5.3.3.1.c: Propiedades térmicas techumbre.**

### 5.3.3.2 Resultados

#### “Heating Design”

Se ejecuta el “Heating Design” para obtener las necesidades de calefacción de la vivienda, bajo la envolvente propuesta anteriormente. Las condiciones utilizadas para el cálculo son idénticas a las utilizadas en el modelo base.

A continuación se presenta un gráfico con el balance energético junto con una tabla resumen con las pérdidas a través de muros y techumbre, variables a través de los distintos modelos, además de las necesidades de calefacción obtenidas.



**Gráfico 5.3.3.2: Balance energético para la condición de invierno, Modelo 2.**

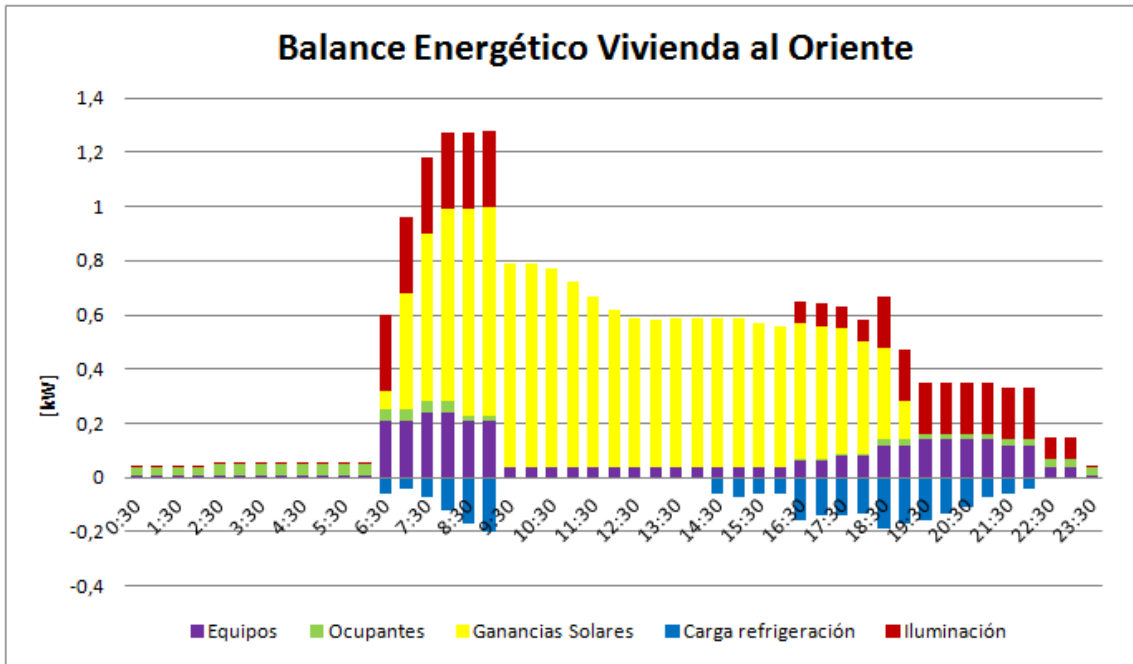
**Tabla 5.3.3.2: Pérdidas a través de muros, techo, necesidades de calefacción.**

Balance energético	Modelo 2 [kW]
Roof	-0,16
Walls	-1,395
Calefacción	2,08

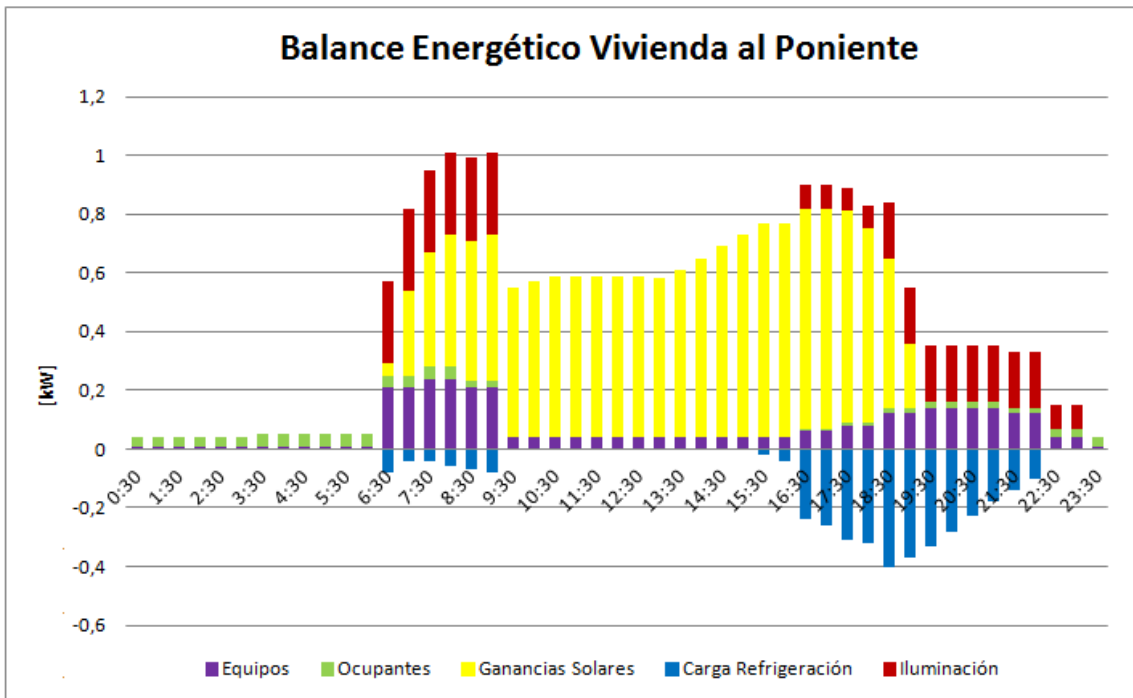
Luego utilizando el factor de seguridad 1,2 para el diseño de calefacción, se requiere un equipo con una capacidad de 2,5 [kW] para asegurar las temperaturas de Confort bajo condiciones de invierno.

### “Cooling Design”

Ahora para la obtención de las necesidades de refrigeración, se ejecuta el “Cooling Design” bajo las condiciones de verano. A continuación se presentan los balances energéticos para las viviendas oriente y poniente, además de las cargas de refrigeración necesarias para satisfacer las necesidades de verano, junto con las capacidades de diseño al aplicar el factor de seguridad de diseño.



**Gráfico 5.3.3.2.a: Balance energético Vivienda al Oriente, Modelo 2.**



**Gráfico 5.3.3.2.b: Balance energético Vivienda al Poniente, Modelo 2.**

**Tabla 5.3.3.2.a: Resumen cargas de refrigeración y capacidad de diseño para ambas viviendas**

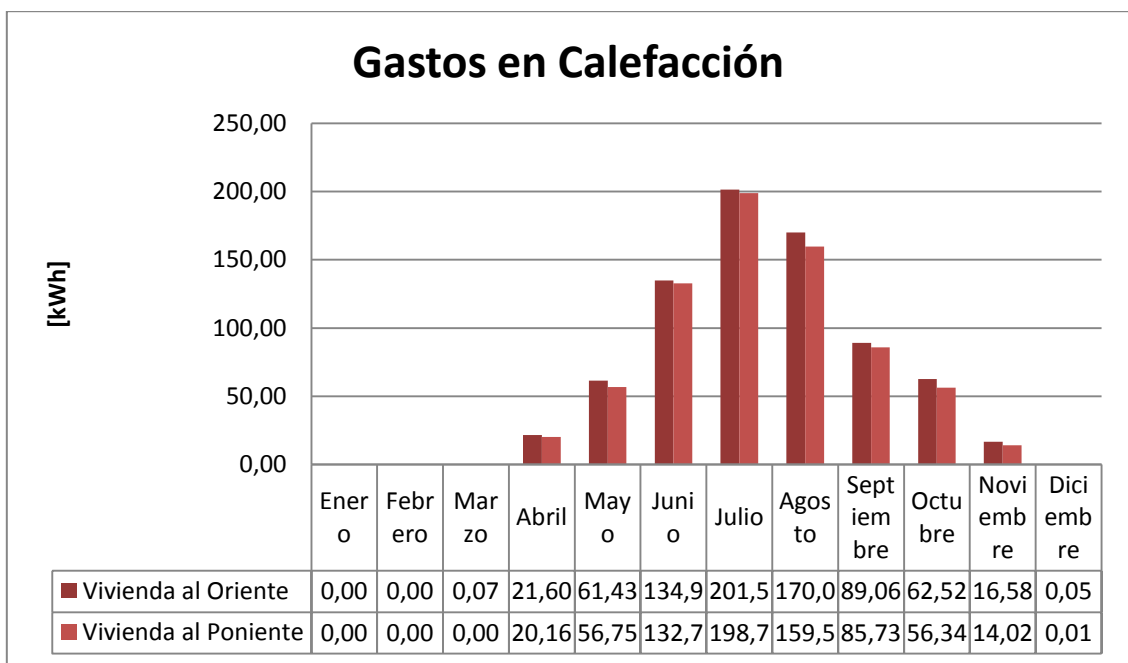
Modelo 2	Carga Refrigeración [kW]	Capacidad Diseño [kW]
Vivienda al Oriente	0,32	0,384
Vivienda al Poniente	0,4	0,48

Finalmente se observaron las temperaturas a lo largo del día, bajo las mismas condiciones utilizadas para el cálculo de los equipos de refrigeración, de manera de obtener las temperaturas máximas sin la utilización de ellos. En la vivienda oriente, se alcanza una máxima de 24,99°C a las 18:30 hrs, mientras que en la poniente una máxima de 25,34°C para el mismo horario.

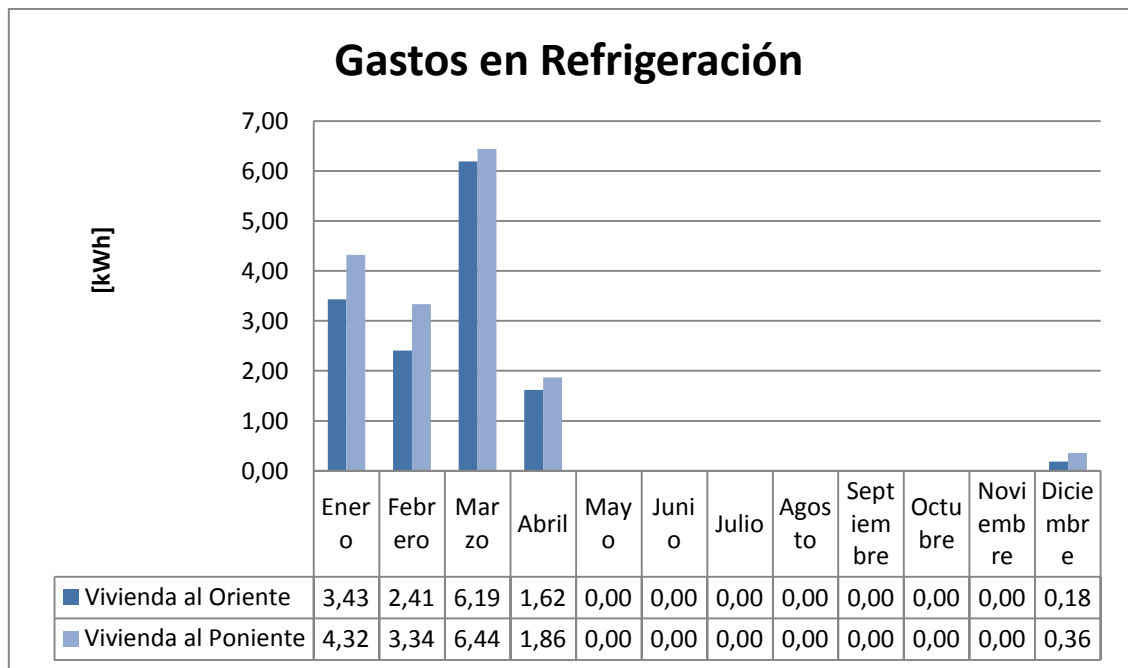
### **Simulación Anual**

Se ejecuta la simulación anual para la obtención de los gastos asociados a calefacción y refrigeración de la vivienda, gracias a los datos climáticos del lugar obtenidos de la ASHRAE.

A continuación se presentan los gastos energéticos asociados a calefacción y refrigeración para ambas orientaciones de la vivienda de manera mensual, y finalmente una tabla resumen con los consumos anuales.



**Gráfico 5.3.3.2.c: Gastos mensuales en calefacción, Modelo 2.**



**Gráfico 5.3.3.2.d: Gastos mensuales en Refrigeración, Modelo 2.**

La influencia del soleamiento en este modelo la podemos observar en la tabla a continuación, donde los gastos en calefacción se reducen en un 5% al estar la vivienda orientada al poniente, y por otro lado, los gastos en refrigeración ven un aumento del 18% al poseer soleamiento durante las horas de la tarde.

**Tabla 5.3.3.2.b: Resumen Gastos anuales ambas viviendas, Modelo 2.**

Vivienda	Calefacción [kWh]	Refrigeración [kWh]
Oriente	757,72	13,84
Poniente	724,07	16,32

### 5.3.4 Modelo 3

Finalmente se estudiara para la ciudad de Antofagasta, la envolvente de la vivienda base, adicionándole una capa de pintura Súper Therm por el exterior de la techumbre. Así se buscara no perder los beneficios del soleamiento en los muros, en épocas que las temperaturas son bajas, ya que al incorporar la pintura por el exterior de los muros, estos reflejan gran parte de la radiación solar que les incide, y por tanto, no logran calentarse y aportar ese calor ese calor hacia el interior de la vivienda.

#### 5.3.4.1 Envolvente

A continuación se presentan los perfiles de muros exteriores y techumbre utilizados en este modelo, junto con sus propiedades térmicas.

#### **Muros exteriores:**

El perfil de muro utilizado en este modelo, desde capa externa a la interna, consta de un muro estructural de hormigón armado de 10 [cm], y por el interior 0,5 [cm] de enlucido de yeso.





**Ilustración 5.3.4.1: Perfil muro exterior.**

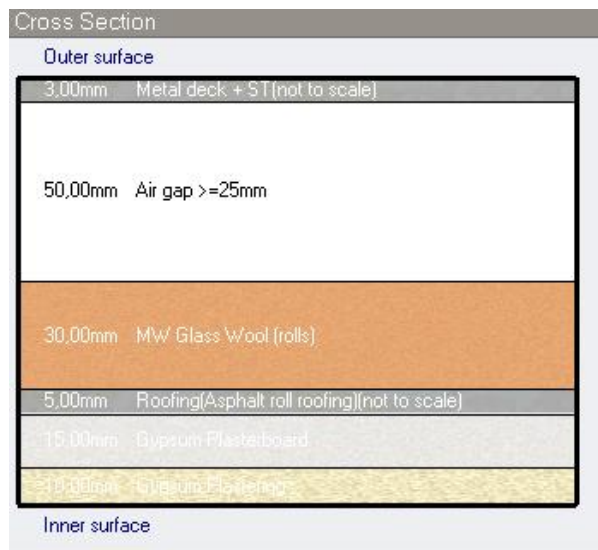
Las propiedades térmicas para el muro quedan:

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,130
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,130
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	13,541
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	0,244
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>4,101</b>

**Ilustración 5.3.4.1.a: Propiedades térmicas muros exterior.**

### **Techumbre:**

El complejo de techumbre lo componen en este caso desde el exterior al interior; Capa de pintura Súper Therm de 0,025 [cm], Plancha metálica de 0,3 [cm], 3 [cm] de lana mineral, fieltro asfáltico de 0,5 [cm], placa de yeso cartón de 1,5 [cm], y finalmente enlucido de yeso de 1 [cm].



**Ilustración 5.3.4.1.b: Perfil techumbre.**

Las propiedades térmicas para la techumbre quedan:

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	4,460
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,100
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,813
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,187
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	0,942
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	1,201
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>0,833</b>

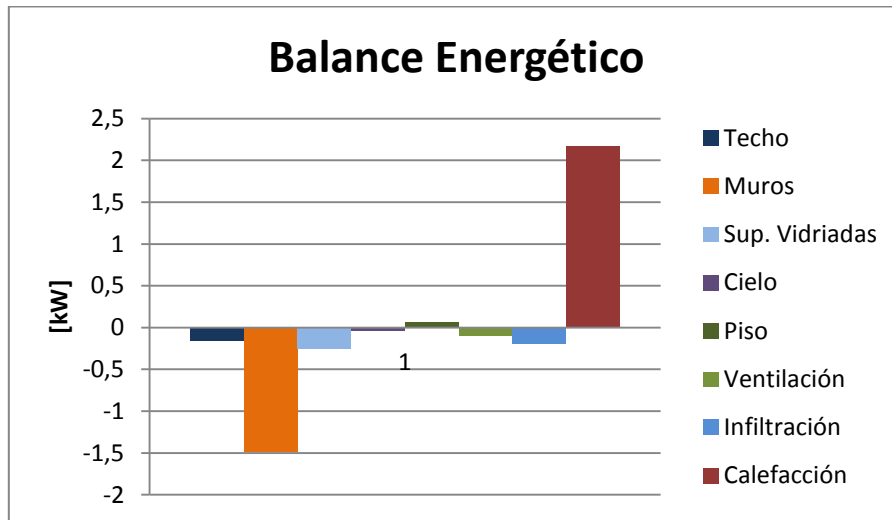
**Ilustración 5.3.4.1.c: Propiedades térmicas techumbre.**

#### 5.3.4.2 Resultados

#### “Heating Design”

Se ejecuta el “Heating Design” para obtener las necesidades de calefacción de la vivienda, bajo la envolvente propuesta anteriormente. Las condiciones utilizadas para el cálculo son idénticas a las utilizadas en el modelo base.

A continuación se presenta un gráfico con el balance energético junto con una tabla resumen con las pérdidas a través de muros y techumbre, variables a través de los distintos modelos, además de las necesidades de calefacción obtenidas.



**Gráfico 5.3.4.2: Balance energético para la condición de invierno, Modelo 3.**

**Tabla 5.3.4.2: Pérdidas a través de muros, techo, necesidades de calefacción.**

Balance energetico	Modelo 3 [kW]
Roof	-0,155
Walls	-1,485
Calefaccion	2,165

Luego utilizando el factor de seguridad 1,2 para el diseño de calefacción, se requiere un equipo con una capacidad de 2,6 [kW] para asegurar las temperaturas de Confort bajo condiciones de invierno.

### “Cooling Design”

Ahora para la obtención de las necesidades de refrigeración, se ejecuta el “Cooling Design” bajo las condiciones de verano. A continuación se presentan los balances energéticos para las viviendas oriente y poniente, además de las cargas de refrigeración necesarias para satisfacer las necesidades de verano, junto con las capacidades de diseño al aplicar el factor de seguridad de diseño.

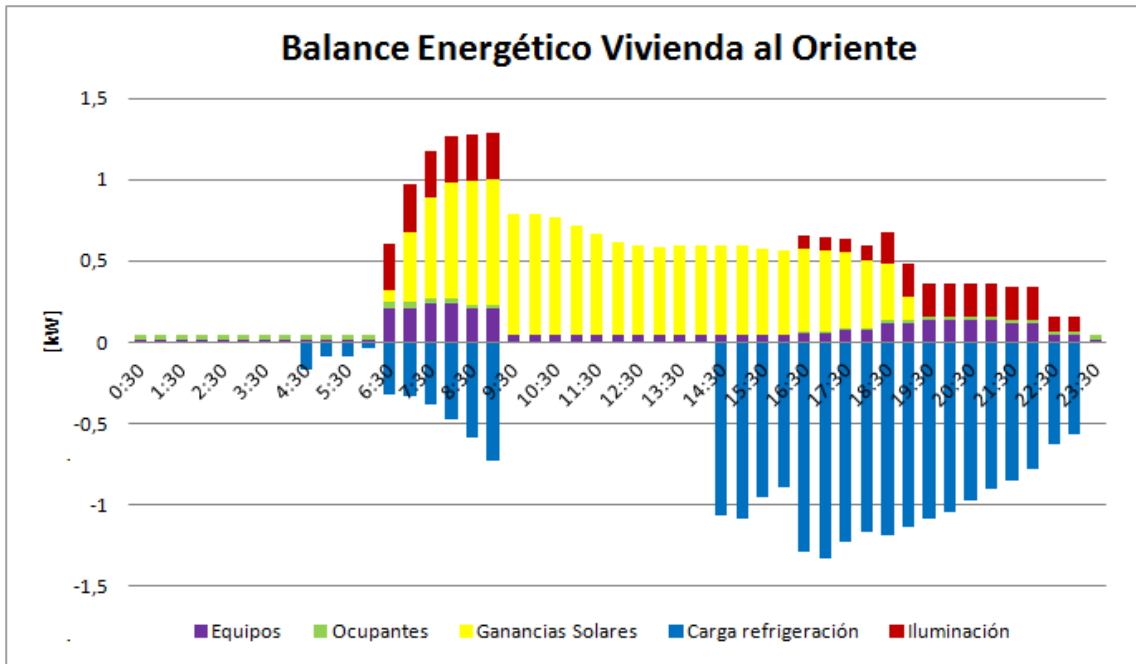


Gráfico 5.3.4.2.a: Balance energético Vivienda al Oriente, Modelo 3.

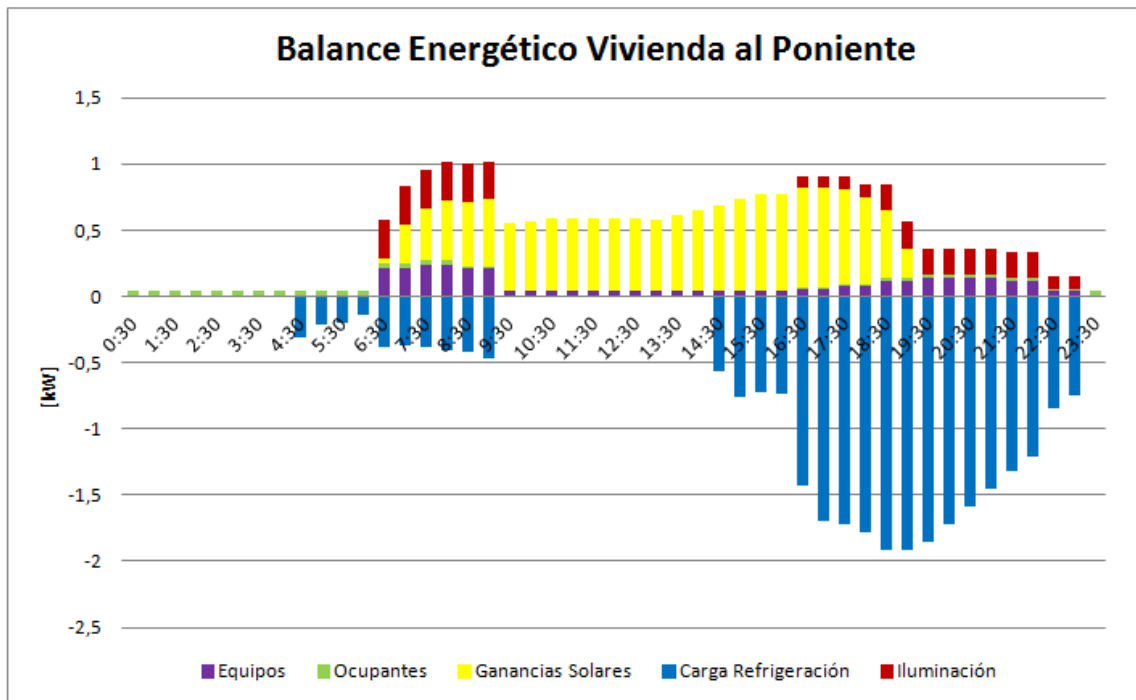


Gráfico 5.3.4.2.b: Balance energético Vivienda al Poniente, Modelo 3.

**Tabla 5.3.4.2.a: Resumen cargas de refrigeración y capacidad de diseño para ambas viviendas**

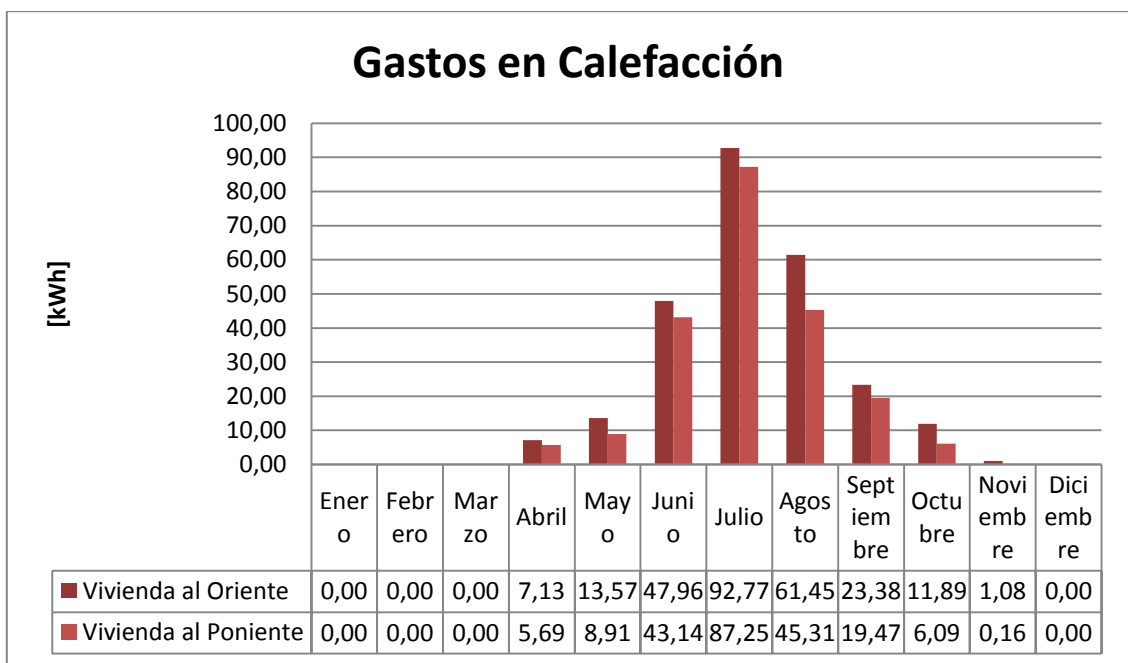
Modelo 3	Carga Refrigeración [kW]	Capacidad Diseño [kW]
Vivienda al Oriente	1,53	1,836
Vivienda al Poniente	1,92	2,304

Finalmente se observaron las temperaturas a lo largo del día, bajo las mismas condiciones utilizadas para el cálculo de los equipos de refrigeración, de manera de obtener las temperaturas máximas sin la utilización de ellos. En la vivienda oriente, se alcanza una máxima de 30,93°C a las 18:30 hrs, mientras que en la poniente una máxima de 32,32°C a las 19:00 hrs.

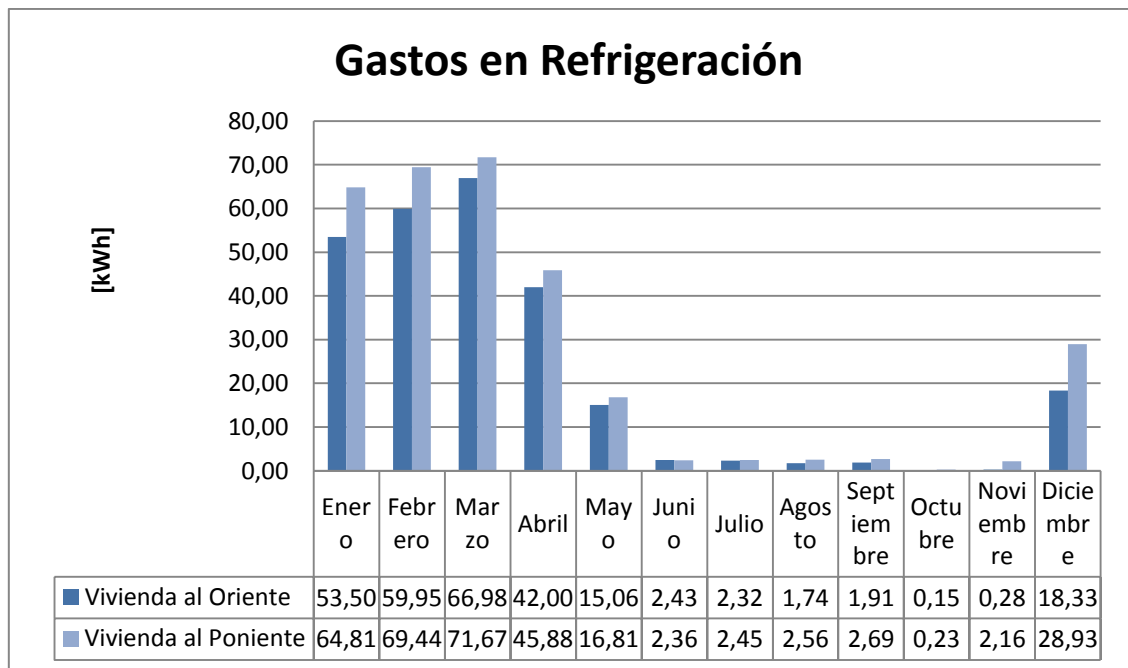
### **Simulación Anual**

Se ejecuta la simulación anual para la obtención de los gastos asociados a calefacción y refrigeración de la vivienda, gracias a los datos climáticos del lugar obtenidos de la ASHRAE.

A continuación se presentan los gastos energéticos asociados a calefacción y refrigeración para ambas orientaciones de la vivienda de manera mensual, y finalmente una tabla resumen con los consumos anuales.



**Gráfico 5.3.4.2.c: Gastos mensuales en calefacción, Modelo 3.**



**Gráfico 5.3.4.2.d: Gastos mensuales en Refrigeración, Modelo 3.**

La influencia del soleamiento en este modelo la podemos observar en la tabla a continuación, donde los gastos en calefacción se reducen aproximadamente en un 16% al estar la vivienda orientada al poniente, y por otro lado, los gastos en refrigeración ven un aumento del 17% al poseer soleamiento durante las horas de la tarde.

**Tabla 5.3.4.2.b: Resumen Gastos anuales ambas viviendas, Modelo 3.**

Vivienda	Calefacción [kWh]	Refrigeración [kWh]
Oriente	259,23	264,65
Poniente	216,03	310,01

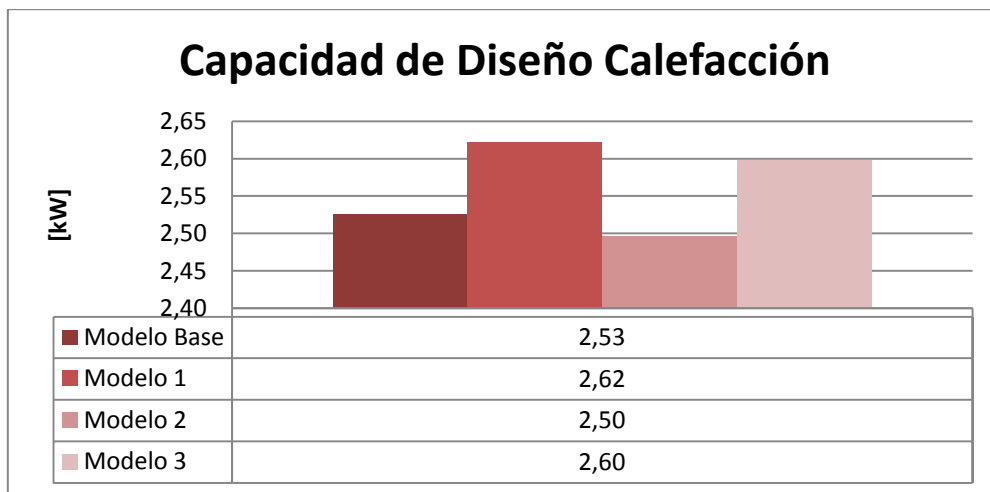
### 5.3.5 Comparación de Modelos

Para evaluar las distintas envolventes propuestas para la vivienda vistas anteriormente, es que se presentan a continuación graficas y tablas comparativas con cada uno de los cálculos realizados para cada modelo. Así podrán evaluarse la influencia de la aplicación de la pintura Súper Therm.

#### 5.3.5.1 Heating Design

Para el cálculo de las necesidades de calefacción para la ciudad de Antofagasta, se utilizaron las condiciones por defecto del programa para esa ciudad, las cuales son; temperatura exterior constante de 10 °C, viento de 10,3 m/s con dirección sur. Las ganancias solares no son consideradas en este caso, al igual que toda ganancia interna que se pueda producir en la vivienda. Bajo estas condiciones se realizó el balance energético entre las perdidas a través de la envolvente, para así conocer las necesidades de calefacción.

A continuación se presenta un gráfico comparativo con las capacidades de diseño obtenidas en los distintos modelos.



**Gráfico 5.3.5.1: Capacidades de diseño de calefacción.**

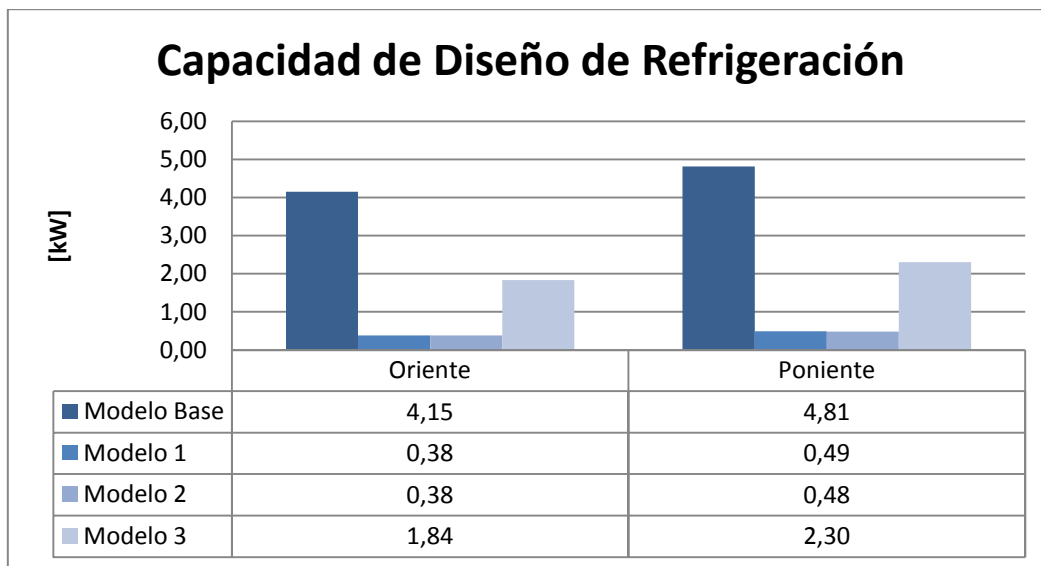
En el caso de Antofagasta, los requisitos impuestos por la OGUC respecto a las resistencias térmicas mínimas de la envolvente, están cerca de cumplirse solo con los materiales estructurales de la vivienda, es por esto que al quitar el aislante de masa dispuesto para cumplir el requisito, y por otro lado agregar la pintura con su respectiva resistencia térmica, se obtienen variaciones muy pequeñas en los resultados.

#### *5.3.5.2 Cooling Design*

Para el caso de la capacidad de diseño de refrigeración, se utiliza el día 15 de Enero, el cual brinda el recorrido del sol, y por otro lado, se utilizan las temperaturas máximas a lo largo del día que se puedan dar para el sector de Antofagasta obtenidas de la ASHRAE. Aquí si se consideran todo tipo de ganancia de calor al interior de la vivienda, equipos, iluminación, ocupantes, etc.

A continuación se presenta un gráfico con las distintas capacidades de diseño de refrigeración, diferenciando estas según la orientación que posee la vivienda.





**Gráfico 5.3.5.2: Capacidad de diseño Refrigeración.**

Respecto a la orientación de la vivienda para una misma envolvente, se obtienen diferencias en la capacidad de refrigeración considerables. En el caso base es donde se tiene la menor diferencia con un 16% de aumento en la capacidad de diseño de refrigeración para la vivienda poniente respecto a la oriente, pero para los siguientes modelos, los cuales incorporan la pintura aislante Super Therm, se obtienen aumentos de alrededor de un 30% en la capacidad de diseño de refrigeración para las viviendas poniente respecto a las oriente de su respectivo modelo.

Ahora si comparamos los resultados obtenidos para las distintas envolventes, cabe destacar que al aplicar la pintura Súper Therm por todo el exterior de la vivienda, lo que podemos observar en el modelo 1 y 2, se reduce la capacidad de diseño de refrigeración a menos de la décima parte de lo obtenido para el modelo base. También llama la atención que para los modelos 1 y 2 se obtienen prácticamente los mismos resultados, pese a que en el modelo 2 se incorpora lana mineral en la techumbre, por lo que su transmitancia térmica es bastante menor a la del modelo 1.

Observando los resultados obtenidos para el modelo 3, el cual posee básicamente la envolvente del modelo base, con la adición de la pintura Súper Therm

por el exterior de la techumbre, vemos que la capacidad de diseño de refrigeración, se reduce a menos de la mitad de la obtenida para el modelo base.

Finalmente se adjunta a continuación, una tabla con las temperaturas máximas obtenidas para ambas orientaciones de la vivienda, al no utilizar equipos de refrigeración bajo condiciones de verano.

**Tabla 5.3.5.2: Temperaturas máximas sin equipos de refrigeración para ambas orientaciones**

	Antofagasta	Modelo Base	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Oriente	Hora	18:30	18:30	18:30	18:30
	T [°C]	32,29	24,99	24,99	30,93
Poniente	Hora	18:30	18:30	18:30	19:00
	T [°C]	33,28	25,39	25,34	32,32

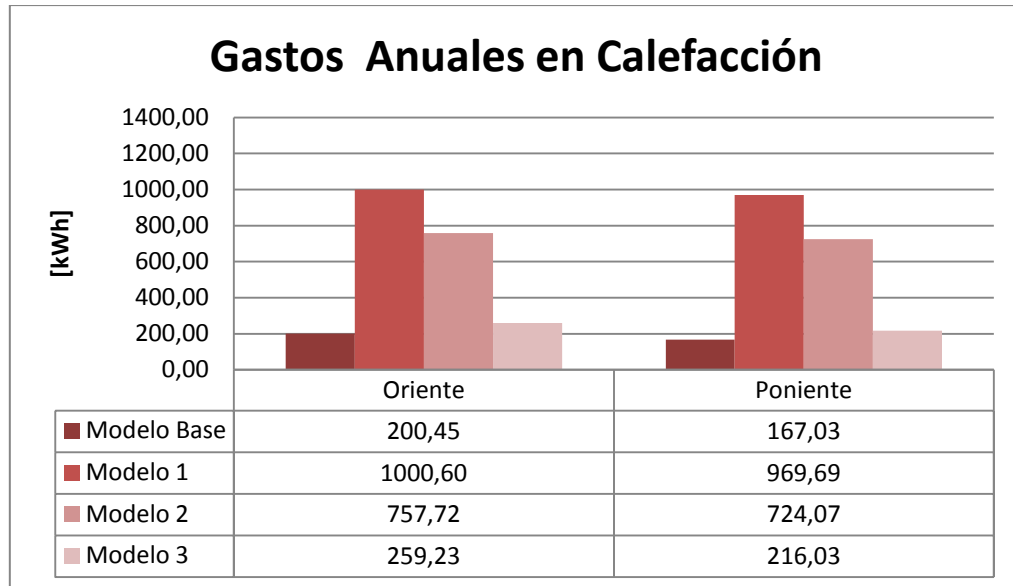
Como es de esperar, al igual que para el sector de Pudahuel, analizado anteriormente, se obtienen mayores temperaturas para la orientación poniente, debido a la incidencia del sol sobre la vivienda en las horas de mayores temperaturas. Ahora si observamos las diferencias que se obtienen entre modelos, llama la atención, la diferencia de casi 8°C en la temperatura máxima obtenida entre el modelo base, y el modelo 1, con aislante de tipo reflectivo. También viendo las temperaturas obtenidas para los modelos 1 y 2, los cuales incorporan pintura en muros y techo por el exterior, se presenta una diferencia de poco más de un grado por sobre la temperatura considerada como de confort, es decir, prácticamente no sería necesaria la utilización de equipos refrigerantes bajo las condiciones de estos modelos.

### 5.3.5.3 Simulación Anual

Con los datos climáticos para la ciudad de Antofagasta, se realizó las respectivas simulaciones anuales para cada modelo, lo cual nos permite cuantificar los gastos energéticos en la obtención de las temperaturas de confort durante el año, esto es temperaturas dentro de la vivienda entre los 18 y 24 °C.

## Gastos en calefacción

A continuación se presentan los gastos anuales en calefacción para todos los modelos analizados, tanto para la vivienda oriente como poniente.



**Gráfico 5.3.5.3: Gastos anuales en calefacción.**

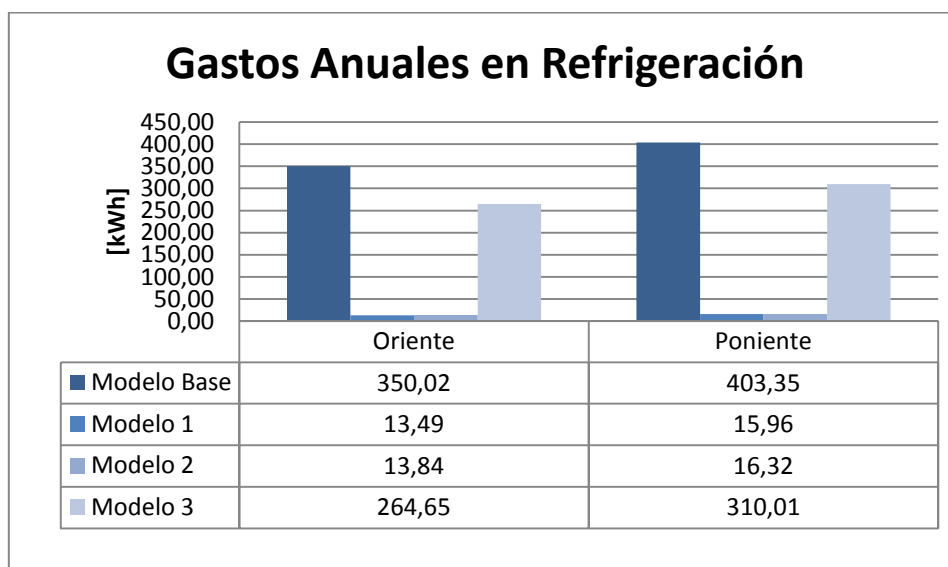
Las diferencias obtenidas para los gastos de calefacción, entre las vivienda oriente y poniente del modelo base y el modelo 3, son de consideración, alrededor de un 15% menos de gasto para la vivienda situada al poniente, pero por otra parte para los modelos 1 y 2, los cuales integran la pintura Súper Therm por todo el exterior, poseen una diferencia de alrededor de un 5% menos de gasto para la vivienda situada al poniente. Esto ya que al integrar un aislante radiativo, la influencia solar va disminuyendo sus efectos en la vivienda.

Ahora si comparamos el modelo base, con los modelos 1 y 2, vemos una fuerte alza en los gastos de calefacción para estos últimos modelos, ya que al poseer la pintura por todo el exterior de la vivienda, estamos también perdiendo todos los efectos positivos que tiene el soleamiento de la vivienda para las épocas más frías. Dados estos resultados, es que se analiza el último modelo, de manera de buscar una envolvente optima que nos brinde los menores gastos energéticos en la obtención de

temperaturas de Confort. En este último caso, donde la vivienda solo posee la pintura Súper Therm por el exterior de la techumbre, dejando lo demás idéntico al modelo base, se ve un aumento de alrededor de un 25% en los gastos de calefacción respecto al modelo base.

### Gastos en Refrigeración

A continuación se presenta un gráfico con los gastos anuales en refrigeración de todos los modelos, tanto para la vivienda al oriente como poniente.



**Gráfico 5.3.5.3.a: Gastos anuales en Refrigeración.**

En primer lugar desde el punto de vista de la orientación, notamos que en todos los casos la vivienda al poniente consume en refrigeración entre un 15 y un 20% más que la vivienda al oriente. En todos los modelos estudiados se mantiene esta tendencia, ningún cambio en la envolvente provocó que esta diferencia se incrementara o disminuyera.

Ahora si comparamos los resultados obtenidos para las distintas envolventes utilizadas, notamos que en los casos donde se incorporó la pintura por todo el exterior, se redujeron los gastos en refrigeración en más de un 96% respecto al modelo base. Entre los modelos 1 y 2, los resultados son prácticamente iguales, a pesar que en uno

no se considera la lana mineral en la techumbre, de esto se puede concluir que los gastos en refrigeración vienen dados principalmente por las propiedades superficiales de los materiales que dan hacia el exterior, pasando al segundo plano la resistencia térmica de estos.

Finalmente, el último modelo estudiado, en el cual se propone solo pintar la techumbre con Súper Therm, para no perder los beneficios del soleamiento durante épocas frías, se obtiene una reducción de un 25% en los gastos de refrigeración con respecto al modelo base.

## Capítulo 6. Evaluación económica

Luego de obtenidos los resultados para los distintos modelos, se compararán estos desde el punto de vista del costo anual en la obtención de las temperaturas de Confort en la vivienda. Esto nos permitirá comparar los distintas envolventes propuestas para cada ciudad, y cuantificar el funcionamiento de la pintura aislante para las distintas zonas térmicas estudiadas. Esto debido a que por parte de los usuarios, se quiere obtener una vivienda con temperaturas de Confort al menor costo posible.

Como sabemos los combustibles tienen distintos precios y disponibilidad respecto de la zona que se esté estudiando. En el caso de la refrigeración se considerara en base a electricidad y para la calefacción dependerá de la zona. Los costos para cada combustible fueron obtenidos de la Comisión Nacional de Energía, y en el caso de la electricidad se considera la tarifa BT1.

### 6.1 Costos para la Vivienda situada en Pudahuel

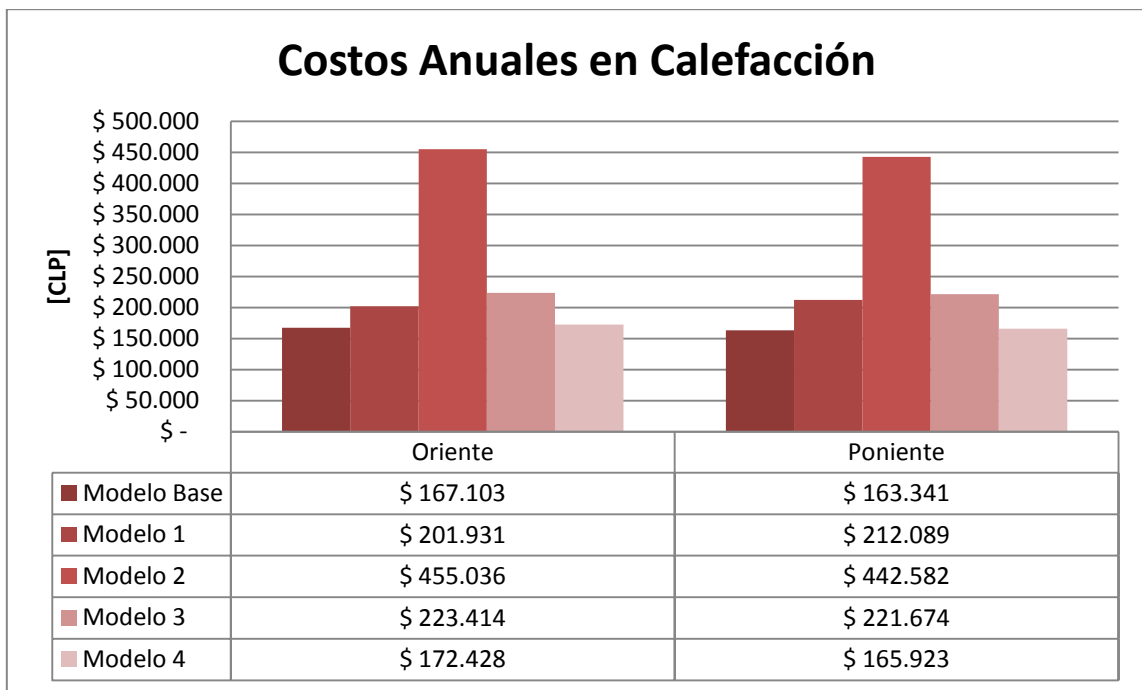
En el caso de Santiago, se cuenta con una red disponible de gas natural, por lo que será este el considerado como combustible para las necesidades de calefacción. A continuación se presenta una tabla con los costos por kWh de los combustibles a utilizar en este caso, además del factor de conversión en el caso del gas, ya que en la cuenta que reciben los usuarios se les indica el precio por metro cubico, y esto debemos llevarlo a kWh. El costo por kWh de gas natural, se obtuvo del poder calorífico de este,  $9300 \text{ kcal/m}^3$ , con lo que por cada metro cubico de gas natural, se obtienen 10,81 kWh de energía.

**Tabla 6.1: Costos combustibles utilizados por kWh.**

Santiago	[Unidad]	Costo [CLP]	Conversión	Costo/kWh [CLP]
Electricidad	kWh	112	1	112
Gas	m <sup>3</sup>	885	0,0925	81,94

### 6.1.1 Costos de Calefacción

A continuación se presenta un gráfico con los costos de calefacción anuales para ambas viviendas. De los resultados, notamos que en todos los casos, la vivienda al poniente presenta menores costos que la oriente debido a los efectos positivos que tiene el soleamiento sobre la vivienda durante los meses fríos. La tendencia en este caso, es que mientras más altas las resistencias térmicas de la envolvente, se obtienen menores costos. Si comparamos los costos obtenidos entre el modelo base, y el modelo 1, el cual incorpora los efectos de la humedad en las propiedades térmicas de los materiales, se ven aumentados los costos en más de un 20% para la vivienda oriente, y en un 30% para la vivienda poniente, solo por efectos de la humedad. Para el modelo 2, donde se tiene una envolvente sin aislantes de masa, en vez, se incorpora la pintura aislante por el exterior e interior de la vivienda, se obtienen costos de más del doble de los obtenidos para el modelo base, con lo que independientemente de lo que se obtenga para los gastos de refrigeración de este modelo, estos dominaran en los costos totales en la obtención de Confort de la vivienda.



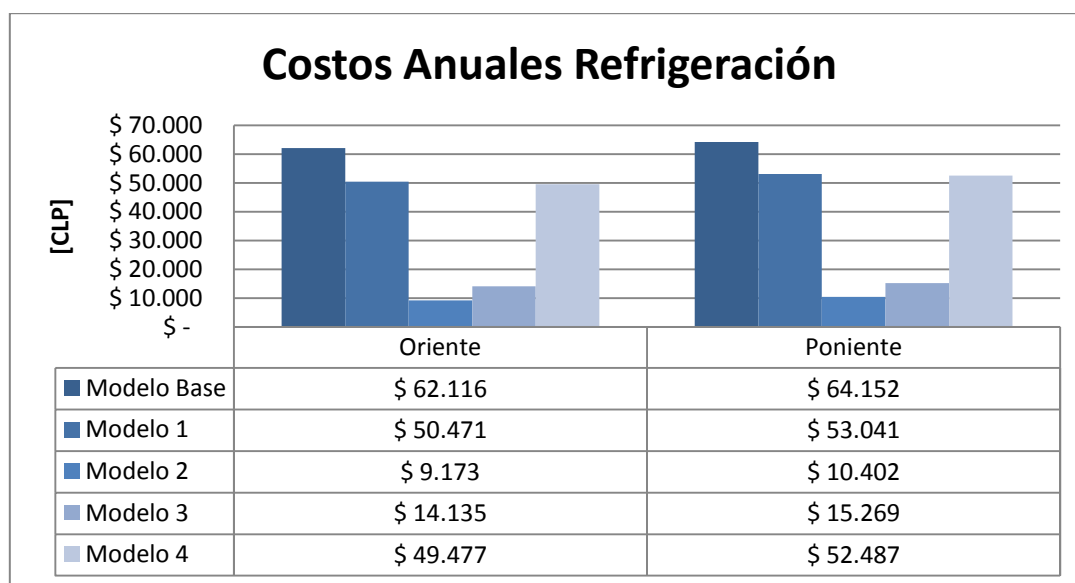
**Gráfico 6.1.1 Costos anuales en Calefacción.**

Si observamos los costos obtenidos para el modelo 3 y 4 comparados con el base, donde se incorpora la pintura aislante en muros y techo en primer lugar, y para el modelo 4 solo en la techumbre, estos son mayores al tener incorporada la pintura aislante, pese a tener mejores resistencias térmicas en su envolvente, debido a la pérdida de los efectos positivos del soleamiento en las viviendas durante los meses fríos, ya que el calor entregado por el sol, no puede ser absorbido por la vivienda, al tener una superficie que refleje la radiación solar.

#### 6.1.2 Costos de Refrigeración

A continuación se presentan los costos anuales de refrigeración para ambas orientaciones de la vivienda.





**Gráfico 6.1.2 Costos anuales en Refrigeración**

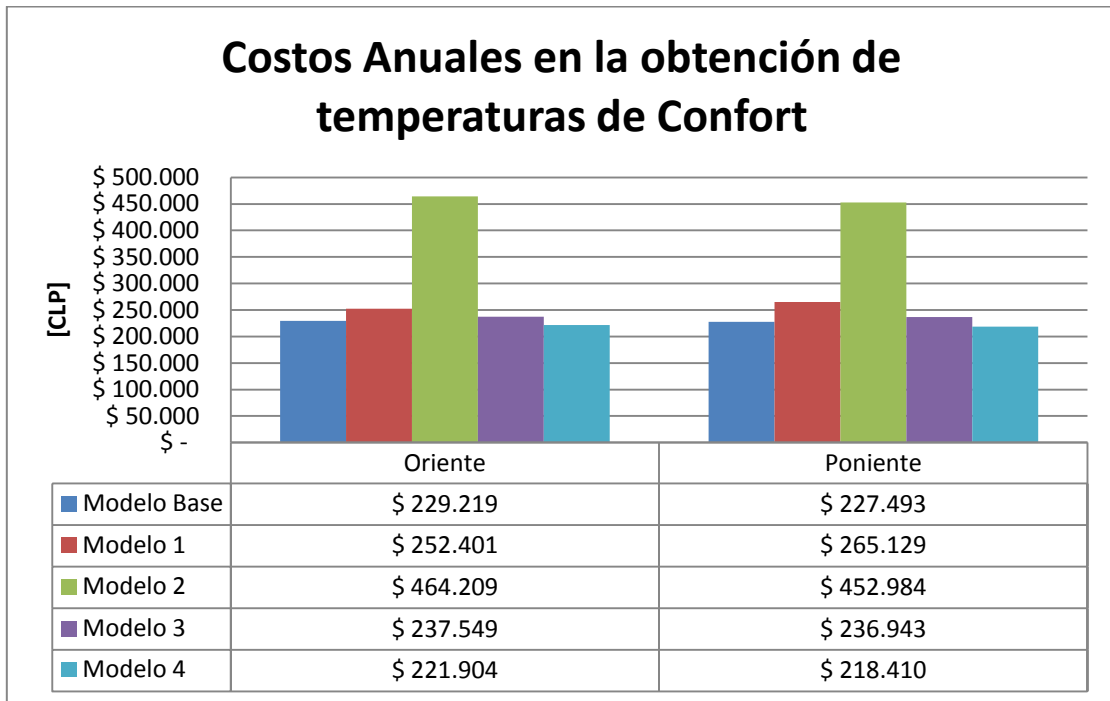
A diferencia del caso anterior, en refrigeración, se obtienen mayores costos para las viviendas orientadas al poniente, debido a que el sol incide sobre ellas en las horas de mayor radiación.

La tendencia para el caso de refrigeración, es que mientras peor sean las resistencias térmicas de la envolvente, menores son los gastos obtenidos en este ámbito. Esto lo podemos observar comparando el modelo base con el modelo 1, donde a la misma envolvente se le empeoran sus resistencias térmicas por efectos de la humedad.

Luego, los modelos en el cual se aplica la pintura aislante, los costos de refrigeración bajan considerablemente, entre el modelo base y el modelo 2, donde se tiene pintura por todo el exterior e interior de la vivienda, sin ningún otro tipo de aislación, se reducen los costos en más de un 85%. De aquí podemos concluir, que en el caso de la refrigeración, las resistencias térmicas no toman relevancia, sino las propiedades superficiales de los materiales al exterior de la vivienda, ya que de ello depende que porcentaje de la radiación solar será absorbido por la vivienda.

### 6.1.3 Costos anuales en la obtención de temperaturas de Confort

Finalmente, se suman los gastos anuales de calefacción y refrigeración, para evaluar el comportamiento de las distintas envolventes a lo largo de todo el año, bajo condiciones de invierno y verano.



**Gráfico 6.1.3 Costos anuales en la obtención de temperaturas de Confort.**

Del gráfico, podemos observar que el modelo 2, el cual no presenta ningún tipo de aislante de masa, escapa de los resultados obtenidos por los otros modelos, los costos para este caso doblan los obtenidos para el modelo base. De aquí, podemos concluir que para la zona donde se encuentra emplazada la vivienda son indispensables los aislantes de masa.

Ahora si buscamos la vivienda que obtiene las temperaturas de confort al menor costo, se obtienen para el modelo 4, donde se tiene la misma envolvente que el modelo base, adicionándole pintura aislante en la techumbre de esta, muros sin la pintura

aislante, de manera de obtener los beneficios del sol sobre la vivienda durante los meses fríos.

Por otro lado, si consideramos los efectos de la humedad sobre las propiedades térmicas de los materiales, lo cual podemos observar en el modelo 1. Los costos en este caso superan a los obtenidos para el modelo 3, donde al incluir la pintura por todo el exterior de la vivienda, los gastos en refrigeración son bastante bajos, lo que puede llegar a ser bastante valorado por parte de los usuarios, ya que los equipos de refrigeración tienen un costo bastante elevado, con lo que tener bajos costos en refrigeración podría llevar a no hacer necesario dichos equipos.

## 6.2 Costos para la vivienda situada en Antofagasta

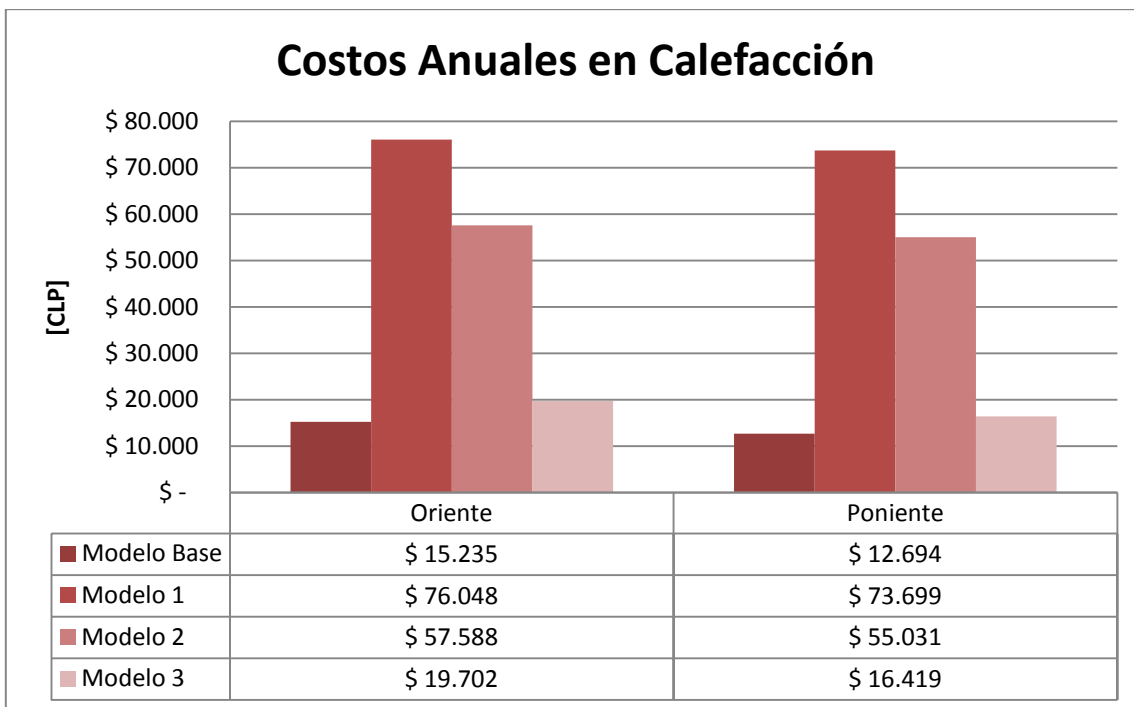
Para la ciudad de Antofagasta, se utilizara como combustible para las necesidades de calefacción de la vivienda, gas licuado, con una capacidad calórica de 12.000 kcal/kg con lo que se obtienen 13,94 kWh de energía por kilo de gas licuado. Al igual que para la ciudad de Santiago, para las necesidades de refrigeración se utilizara electricidad. Los costos fueron obtenidos de la página web de la comisión nacional de energía.

**Tabla 6.2 Costos combustibles utilizados por kWh.**

Antofagasta	[Unidad]	Costo [CLP]	Conversión	Costo/kWh [CLP]
Electricidad	kWh	107	1	107
GLP	kg	1060	0,0717	76,002

### 6.2.1 Costos de Calefacción

A continuación se presenta un gráfico con los costos anuales en calefacción para ambas orientaciones de la vivienda.



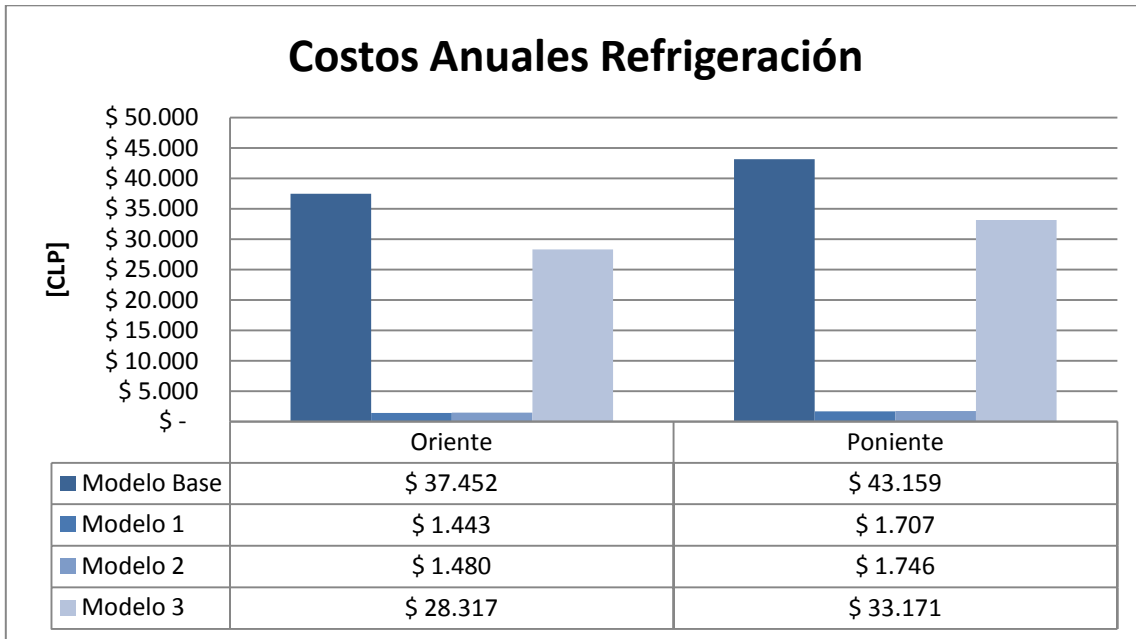
**Gráfico 6.2.1: Costos anuales en Calefacción.**

Al igual que para la otra zona térmica analizada anteriormente, la vivienda orientada hacia el poniente ve reducidos levemente sus gastos en calefacción frente a la misma vivienda orientada hacia el oriente.

Para la ciudad de Antofagasta, las necesidades de calefacción son bastante bajas, sin embargo, los modelos donde se aplica la pintura aislante por todo el exterior, aumentan sus costos considerablemente, casi cuatro veces los costos obtenidos en el modelo base al adicionar la pintura a la misma envolvente, lo que podemos observar en el modelo 1. Pese a las bajas necesidades de calefacción del sitio estudiado, si son de relevancia los aislantes de masa presentes en la envolvente, lo que podemos observar en el modelo 3. Estos costos se ven aun más elevados, si se retiran los aislantes de masa presentes en la envolvente, lo que podemos observar en el modelo 2. Siendo siempre como propósito la obtención de temperaturas de confort al menor costo posible.

## 6.2.2 Costos de Refrigeración

A continuación se presenta un gráfico con los costos anuales en refrigeración para ambas orientaciones de la vivienda.



**Gráfico 6.2.2: Gastos anuales en Refrigeración**

En el caso de la refrigeración, la orientación oriente ve reducidos sus gastos en refrigeración debido a los efectos del soleamiento sobre la vivienda.

Llama la atención de los resultados obtenidos, los modelos 1 y 2 donde, al aplicar la pintura aislante por todo el exterior de la vivienda, se consiguen costos casi nulos en refrigeración, lo que implicaría no utilizar equipos de refrigeración, sino que la envolvente de la vivienda por sí sola, brinda temperaturas de Confort bajo condiciones de verano.

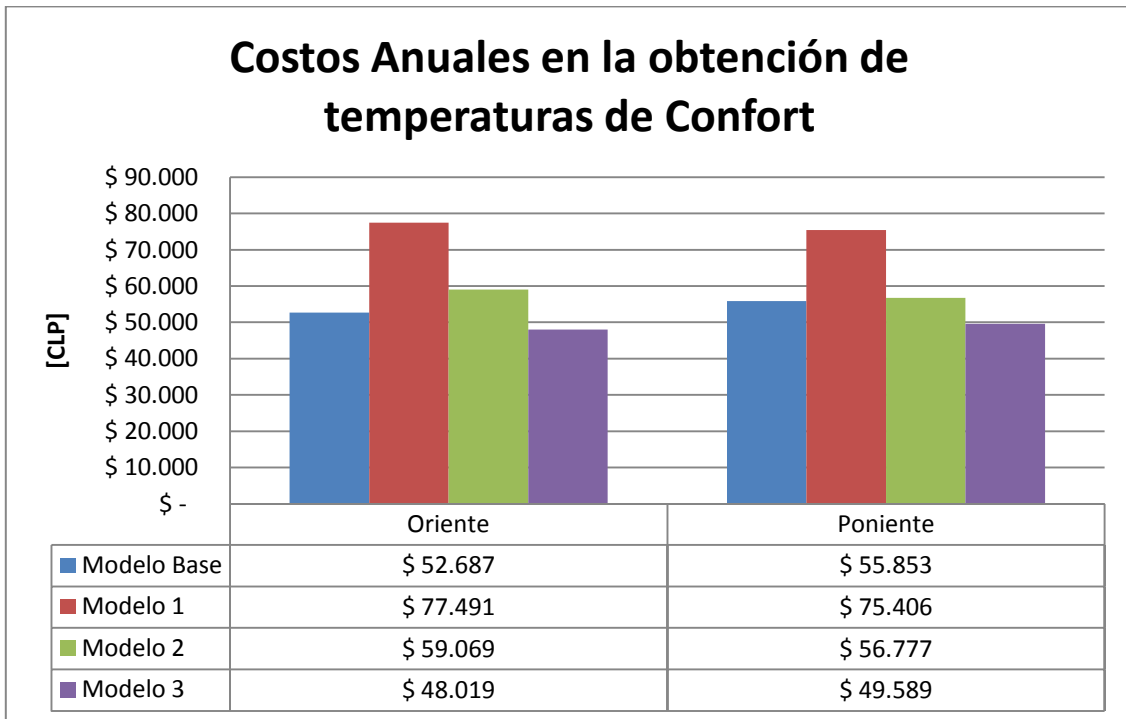
Comparando ahora lo obtenido para el modelo base, versus el modelo 3, donde a la misma envolvente base, se le aplica pintura sobre la techumbre, se reducen los gastos en refrigeración en un 25%.

### 6.2.3 Costos anuales en la obtención de temperaturas de Confort

Finalmente, se suman los gastos anuales de calefacción y refrigeración, para evaluar el comportamiento de las distintas envolventes a lo largo de todo el año, bajo condiciones de invierno y verano, lo que se representa en el gráfico a continuación.

Respecto a la orientación de la vivienda, podemos observar que para los modelos que incorporan la pintura aislante por todo el exterior, se alcanzan las temperaturas de confort al menor costo para el caso poniente, mientras que para el modelo base y 3, para el caso oriente.

Ahora si buscamos el modelo donde se obtuvieron los menores costos totales, esto ocurre para el modelo 3, donde al adicionar la pintura aislante sobre la techumbre a la envolvente del modelo base, se reducen los costos en la obtención de temperaturas de confort en aproximadamente 10% para ambas orientaciones.



**Gráfico 6.2.3: Costos anuales en la obtención de temperaturas de Confort.**

## Capítulo 7. Comentarios

### 7.1 Comentarios

#### 7.1.1 Reglamentación Térmica en Chile

Uno de los principales objetivos de la reglamentación térmica es el disminuir los consumos energéticos en la obtención de condiciones de confort dentro de la vivienda. Para lograr este objetivo es que se establecen requisitos mínimos de resistencias térmicas para los elementos que conforman la envolvente de la vivienda, dependiendo de la zona térmica donde se emplace esta. A pesar de esto, dentro de los requisitos, no se distingue entre los distintos tipos de vivienda, como pueden ser; aisladas, pareadas, cantidad de pisos, etc. Ya que, por ejemplo para la vivienda estudiada durante el desarrollo de este trabajo, las pérdidas a través de los muros eran bastante considerables, debido a que se trataba de una vivienda de dos pisos, por tanto, con una mayor área de muros y una pequeña área de techumbre, así en este caso, se debiese castigar el requisito para muros. Por otro lado si se tratase de una vivienda de un solo piso, con la misma cantidad de metros cuadrados, se debiese poner mayor énfasis en el requisito para la techumbre.

Otro aspecto importante a considerar en este punto, es que las resistencias térmicas calculadas según la norma NCh 853 of. 2007 para los elementos de la envolvente de nuestra vivienda, y que luego debemos comparar con los requisitos impuestos por la OGUC, consideran las conductividades de los materiales en estado seco, cosa que dependiendo de la zona climática, lluvias, u otras circunstancias, no siempre se da. Es por esto, que se debiese internalizar el efecto de la humedad en las propiedades térmicas de los materiales, castigando las conductividades térmicas de estos, o por otro lado modificando los límites de resistencias térmicas para los elementos de la envolvente para las zonas climáticas donde sea necesario.

### *7.1.2 Vivienda modelada.*

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del trabajo, para ambas ciudades estudiadas, y para las distintas envolventes de la vivienda propuestas, se basan en una vivienda de 43,82 m<sup>2</sup> de superficie, pareada, de dos niveles, de una materialidad definida, etc. Todo esto toma bastante relevancia en los resultados obtenidos, ya que, dada la disposición de la vivienda, el intercambio de calor a través de los muros pasa a ser preponderante, y en cambio, el intercambio a través de la techumbre no toma tanta importancia, como si lo podría tener, en caso de que se tuviese una vivienda de un nivel con la misma superficie en planta que el caso estudiado. La materialidad de los elementos estructurales de la vivienda, también influye considerablemente en el comportamiento térmico de esta. En nuestro caso se cuenta con muros de hormigón, material masivo, lo que brinda a la vivienda inercia térmica, permitiendo así almacenar calor en las horas de mayor temperatura del día, y luego liberarlo hacia el interior de la vivienda durante las horas frías, lo que tiene un efecto positivo durante las épocas frías del año. Este efecto se ve disminuido al aplicar la pintura aislante por el exterior de la vivienda, ya que la radiación solar incidente sobre esta, es reflejada en gran parte, y no puede ser absorbida por la vivienda, siendo algo positivo durante los meses de verano, pero negativo en los meses fríos.

Una manera de complementar el trabajo realizado durante esta memoria, sería el estudio de aislantes reflectivos y su aplicación, en otro tipo de edificaciones, como lo podrían ser Galpones industriales, edificios comerciales, edificios de oficinas, donde en muchos de estos casos, se incurren en gastos bastante altos de refrigeración

### *7.1.3 Ciudades estudiadas*

Otro factor influyente en los resultados obtenidos, se refiere al lugar donde se emplaza la vivienda, para posteriormente proponer las distintas envolventes sobre ella. En nuestro caso, se emplaza en primer lugar, en el sector de Pudahuel, Santiago, zona



térmica 3 según la OGUC. Esta elección viene dada ya que gran parte de la población Chilena vive en la zona central interior del país, bajo esta misma zona térmica, o alguna con características climáticas semejantes.

La siguiente ciudad escogida, Antofagasta, busca además de estudiar el comportamiento de la pintura aislante bajo la zona térmica 1 según la OGUC, estudiar el comportamiento de esta misma en un sector donde existen radiaciones solares de una magnitud considerable, además de ser una ciudad con una baja oscilación térmica, lo que implica, que los efectos de inercia térmica de la vivienda dejan de ser tan importantes, como si lo son para la zona anteriormente estudiada. Pese que en otras ciudades del país se tienen radiaciones solares y temperaturas mayores a las registradas para la ciudad de Antofagasta, en estas si se registran grandes oscilaciones térmicas, con lo que la inercia térmica de la vivienda en estos casos, cumple un rol importante durante los meses fríos, y por tanto, el uso de aislantes reflectivos se vería desfavorecido en este caso.

Por otro lado, el software Design Builder, hasta el momento en que se realizó el trabajo, solo incluye 12 ciudades Chilenas para emplazar el modelo, con lo que la elección de ellas está bastante restringida.

## Capítulo 8. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos, tanto en laboratorio como por medio de los modelos computacionales desarrollados, y el desarrollo de los distintos capítulos de este trabajo, es posible concluir que:

- Por el gran número de variables que están involucradas durante el desarrollo del trabajo, es necesario continuar realizando investigación de los aislantes reflectivos, poniendo énfasis en la aplicación de estos sobre otro tipo de edificación, y para las distintas zonas climáticas definidas en la OGUC.
- Las propiedades térmicas que toman relevancia en una pintura aislante radiativa, son sus propiedades superficiales de emisividad y reflectividad, ya que dados sus bajos espesores, su aporte por conducción es bastante bajo.
- Dentro de la normativa nacional, no existen requisitos ni recomendaciones sobre las propiedades superficiales de los elementos que componen la envolvente de una vivienda, los que serían de mucha ayuda para reducir los gastos energéticos en refrigeración, sobre todo para las zonas con altas radiaciones solares.
- Certificaciones internacionales como por ejemplo LEED, promueven el uso de superficies exteriores con altos índices de reflectividad solar, sin distinguir el lugar donde se emplaza la edificación, siendo que como se observó durante la investigación, desde el punto de vista del gasto anual en la obtención de temperaturas de confort, no siempre es conveniente.
- Según lo que se pudo observar de los resultados de la modelación computacional, la pintura aislante reflectiva es una muy buena opción como aislante para los meses de verano, llegando hasta casi anular los gastos en refrigeración en el caso de Antofagasta, y reducirlos considerablemente para el sector de Pudahuel, independientemente de si la envolvente presentase o no aislantes de masa.
- Otro aspecto que se pudo observar de los resultados de la modelación, es la importancia que toma la inercia térmica de la vivienda, sobre todo para la

modelación en Pudahuel, ya que al aplicar la pintura aislante sobre los muros, por tanto, impedir que estos tomen el calor proveniente de la radiación solar, que luego, sería en parte liberado hacia el interior de la vivienda, los gastos en conceptos de calefacción aumentaban considerablemente.

- La implementación de aislantes de tipo reflectivo, se deben justificar en base a un análisis anual de gastos en la obtención de temperaturas de confort de la edificación, ya que como se pudo observar en el análisis de costos, pese a anularse en algunos casos los costos en refrigeración de la vivienda, esto conllevaba aumentos considerables en los costos de calefacción.
- Para la vivienda estudiada, los aislantes de tipo reflectivo, presentan un muy buen comportamiento para los meses de verano, mientras los de masa, para los meses fríos, con lo que se debe combinar el uso de ambos tipos de aislación, para así obtener una envolvente lo más eficiente posible.
- Al aplicar la pintura aislante sobre la techumbre de la vivienda, dejando el resto de la envolvente cumpliendo con los requisitos impuestos por la OGUC, se reducen los gastos anuales en un 3% en el caso de Pudahuel, y en un 8% para la ciudad de Antofagasta.

## **Bibliografía**

### **Libros**

1. Neila Gonzáles, F. Javier y Beyoda Frutos, César. Técnicas arquitectónicas y constructivas de acondicionamiento ambiental. Editorial Munilla-Lería, Madrid, España, 1997.
4. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Manual de la aplicación de reglamentación térmica. 2006.

### **Memoria para optar al título de Ingeniero Civil**

5. Villanueva L. Josserna. Estudio de aprovechamiento Energético en viviendas habitacionales DFL-2 para tres zonas climáticas de Chile. 2009.
6. Córdova T. Camilo Enrique. Estudio de tecnologías para la reducción del consumo energético destinado a confort térmico para el Edificio de Ingeniería civil. 2011.
10. Erazo A. Rodrigo Manuel. Variación de la conductividad térmica con la humedad en materiales de construcción. 2007.

### **Normas, revistas y publicaciones**

2. Rodríguez J., Gabriel, Apuntes curso Física de la Construcción CI5521, 2015.
3. Fernández D., Pedro, Procesos termo solares en baja, media, y alta temperatura.
7. Instituto Nacional de Normalización INN-Chile. Norma Oficial NCh 853 of.2007. Acondicionamiento térmico – Envoltorio Térmico de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas. 2007.

(Nota 1) La norma Chilena NCh 853 cuenta con una nueva versión (2014) vigente, pero en este estudio se utilizó la versión oficial del Minvu (2007) la que rige en la OGUC.

8. Instituto Nacional de Normalización INN-Chile. Norma Oficial NCh 1960 of.1989. Aislación térmica – Cálculo de coeficientes volumétricos globales de pérdidas térmicas. 1989.

11. Grupo BASF, Aislapol. Información técnica de construcción. Física de la construcción. 2001.

### **Páginas de Internet**

9. Soluciones arquitectónicas sustentables.

[www.sol-arq.com](http://www.sol-arq.com)

Anexo A.1 Emisividad y Reflectividad SuperTherm



**Test Report**

**CRRC - Initial Data for Super-Therm Roof System**

Prepared For:

Mr. Craig Smith  
Superior Products International II, Inc.  
10835 W. 78<sup>th</sup> Street  
Shawnee, KS 66214

R & D Services, Inc.  
P.O. Box 2400  
Cookeville, Tennessee 38502-2400

Report: RD06249

Reviewed by: David W. Yarbrough  
David W. Yarbrough, PhD, PE  
President

May 2, 2006

The test results in this report apply only to the specimens tested. This report shall not be reproduced, except in full, without written approval of R & D Services, Inc. This report must not be used by the Client to claim product endorsement by R & D Services, Inc., NVLAP or any agency of the U.S. Government.



# Test Results Report

1738 Excelsior Avenue • Oakland, CA 94602 • Toll-free (866) 465-2523 • Fax (510) 482-4421 • www.coolroofs.org

### TYPE OF TEST

(check only ONE; separate copy to be filled out for each type of test)

- Initial Rating Test (new product and reformulations)  
 Aged Rating Test (CRRC Product ID # \_\_\_\_\_)

### Section A; 1-10: Licensed Seller/Other Manufacturer and Product Information (this section to be filled out by licensee prior to sending to Laboratory)

1. CRRC Licensed Seller/OM Company Superior Products International II, Inc.	2. Contact Name Craig Smith
3. Company Address 10835 W. 78th St. Shawnee, KS 66214	4. Contact Address (if different from #3) same
5. Email Address Superthermhelp@aol.com	6. Phone Voice 913-962-4848
7. CRRC License Seller/OM ID Number 0802	8. Phone Fax 913-962-6767
9. Product/Brand Name, Model Name/Number Super Therm Roof System	10. Brief Description (incl. color) Water-based 3 Part white system

### Section B; 11-16: Color Family Representative Element Information (This section is only for establishing a color family for factory-applied metal coatings or factory-coated metals – skip if not applicable. See Procedure 3 for details)

11. CRRC Color Family (from Table 1 in CRRC Procedure #3)	
12. CRRC Approved Color Family Color Properties Ranges and Default Radiative Properties (from Table 1 in Procedure #3): L range _____ a range _____ b range _____ Default TSR _____ Default TE _____	
13. Formula Name/ Number	14. Resin or Material Type
15. Measured Color Properties (see footnote <sup>1</sup> for equipment set-up): L range value _____ a range value _____ b range value _____	
16. The undersigned certifies that, to the best of his/her knowledge, the measurements contained herein are true and accurate (color measuring party or applicant if same):	
Responsible Person's Printed Name _____	Signature _____ Date _____

<sup>1</sup> Color Measurement Equipment Specification: 0°/45o Geometry with 10o observer, D65 light source and Hunter L,a,b color space



# Test Results Report

1738 Excelsior Avenue • Oakland, CA 94802 • Toll-free (866) 465-2523 • Fax (510) 482-4421 • www.coolroofs.org

## Section C; 17-24: Accredited Independent Testing Laboratory Test Results and Signature (this section to be filled out by AITL only)

SYSTEM

17. Laboratory ID (Initial Ratings) <b>R05</b>			18. Laboratory ID (Aged Ratings)		
19. Lab Report ID (Initial Ratings) <b>R006249</b>			20. Lab report ID (Aged Ratings)		
21. Tested Initial Radiative Properties: (Air mass of 1.5 used in reflectance measurements) <input checked="" type="checkbox"/> (check for verification)					
21a. Group A—MFR. Batch # <b>012306</b>			21b. Group B—MFR. Batch # <b>021406</b>		
Panel ID	Solar Reflectance	Thermal Emittance	Panel ID	Solar Reflectance	Thermal Emittance
1. <b>11</b>	<b>0.831</b>	<del>0.89</del> <b>0.90</b>	1. <b>16</b>	<b>0.836</b>	<del>0.89</del> <b>0.91</b>
2. <b>12</b>	<b>0.833</b>	<del>0.89</del> <b>0.91</b>	2. <b>17</b>	<b>0.834</b>	<del>0.89</del> <b>0.91</b>
3. <b>10</b>	<b>0.832</b>	<del>0.89</del> <b>0.90</b>	3. <b>13</b>	<b>0.836</b>	<del>0.89</del> <b>0.91</b>
Batch Average		<b>0.832</b>	Batch Average		<b>0.835</b>
21c. Results if preparing samples according to CRRC-1 Section 3.5 E (using CRRC-1 Method #1):					
Sample 1 (Batch A): <b>0.832 / 0.90</b>		Sample 2 (Batch B): <b>0.835 / 0.91</b>		Sample 3 (Batch A&B): _____ / _____	
SR TE		SR TE		SR TE	
21d. Average for all initial tests (2 decimal places): Solar Reflectance (SR) <b>0.837</b> Thermal Emittance (TE) <b>0.91</b>					
21e. Presumed Non-Variegated Particle or Gravel Coated Roofing Product 5-Point Reflectance Test Results: (See CRRC-1 section 3.5.1 E for instructions) _____ Average Reflectance _____					
21f. Air mass of 1.5 used in reflectance measurements <input type="checkbox"/> (check box to confirm)					
22. Tested Aged Radiative Properties:					
22a. Hot/Humid Climate Exposure		22b. Cold/Temperate Exposure		22c. Hot/Dry Climate Exposure	
Panel ID	Solar Reflectance	Thermal Emittance	Panel ID	Solar Reflectance	Thermal Emittance
1. _____	_____	_____	1. _____	_____	_____
2. _____	_____	_____	2. _____	_____	_____
3. _____	_____	_____	3. _____	_____	_____
22d. Results if preparing samples according to CRRC-1 Section 3.5 E (using CRRC-1 Method #1):					
Sample 1 (Batch A): _____ / _____		Sample 2 (Batch B): _____ / _____		Sample 3 (Batch A&B): _____ / _____	
SR TE		SR TE		SR TE	
22e. Average for all initial tests (2 decimal places): Solar Reflectance (SR) _____ Thermal Emittance (TE) _____					
22f. Air mass of 1.5 used in reflectance measurements <input type="checkbox"/> (check box to confirm)					
23. Tests conducted:			24. The undersigned certifies that, to the best of his/her knowledge, the measurements contained herein are true and accurate:		
Type	Initial Test	Aged Test	<b>DAVID W. YARBROUGH</b> Responsible Person's Printed Name  Responsible Person's Signature (Initial Tests) <b>4/26/06</b> Date Responsible Person's Signature (Aged Tests) _____ Date _____		
<input type="checkbox"/> E903 Test	Date _____	Date _____			
<input type="checkbox"/> E1918 Test	Date _____	Date _____			
<input checked="" type="checkbox"/> C1549 Test	Date <b>4/26/06</b>	Date _____			
<input checked="" type="checkbox"/> C1371 Test	Date <b>4/26/06</b>	Date _____			
<input type="checkbox"/> CRRC-1 Method #1	Date _____	Date _____			



# Anexo A.2 Ficha Idiem SuperTherm



## Super Therm®

**Dirección comercial:** La Forja 8703, Parque Industrial La Reina

**Teléfono de contacto:** 56-2-22463834

**Página web:** [www.betapaint.cl](http://www.betapaint.cl)



### Super Therm®

Recubrimiento base a agua que se define como una combinación de uretanos alifáticos de alto rendimiento, acrílicos elastoméricos y resinas aditivas, que producen una película de recubrimiento resistente, pero flexible a la vez.

Contiene cuatro tipos de cerámicos, que bloquean el calor solar que penetra en una estructura, bloqueando la luz ultra violeta (UV), radiación infrarroja (IR) y luz visible.

Es una membrana flexible de baja permeabilidad que contribuye a reducir las expansiones y contracciones de los techos donde se aplica, evitando también la corrosión y el deterioro general de las superficies.

**Función:** Aislación térmica y fonoabsorbente.

**Aplicación:** Revestimientos para exterior e interior. Puede ser aplicado en metales, hormigón, ladrillo y madera.



Super Therm® cuenta con certificación Cradle to Cradle Certified<sup>CM</sup> Silver (válido hasta Diciembre 2015)

#### CERTIFICACIONES LEED® APLICABLES

#### OPORTUNIDAD CRÉDITOS LEED:

	Nuevas Construcciones (NC)	Núcleo y Envoltente (CS)	Colegios (Schools)	Edificios Existentes (EB O&M)	Interiores Comerciales (CI)
SS Crédito 2 Plan de Gestión del Exterior del Edificio y Pavimentos	N/A	N/A	N/A	✓	N/A
SS Crédito 7.2 Efecto Isla de calor, Nivel Techos	✓	✓	✓	✓	N/A
SS Crédito 1.0 Vía 5: Efecto Isla Calor Techos.	N/A	N/A	N/A	N/A	✓
EA Prerrequisito 2: Rendimiento Energético Mínimo	✓	✓	✓	N/A	✓
EA Crédito 1: Optimización del Rendimiento Energético	✓	✓	✓	N/A	N/A
MR Crédito 3.0: Compra Sustentable, Modificaciones y Adiciones a las Instalaciones	N/A	N/A	N/A	✓	N/A
IEQ Crédito 9: Rendimiento Acústico Avanzado	N/A	N/A	✓	N/A	N/A



Categoría Sitios Sustentables  
Categoría Eficiencia en el Uso del Agua  
Categoría Eficiencia Energética



Categoría Materiales y Recursos  
Categoría Calidad del Ambiente Interior  
Categoría Innovación en el Diseño

1. La información contenida en este documento corresponde a la validación de los antecedentes entregados por la empresa, en base a la revisión de los estándares asociados a los sistemas de Certificación LEED mencionados en este documento.. Este documento no constituye una certificación del producto, ni garantiza el cumplimiento de la normativa local vigente.

2. Las conclusiones de este estudio se aplican solamente a los productos mencionados en este informe y está sujeto a la invariabilidad de las condiciones técnicas del producto, y a la invariabilidad de los requerimientos abordados por la certificación LEED V3, 2009 Edition.



De no existir variaciones asociadas a lo anterior, la validez del estudio será de **1 año** a partir de la fecha de emisión de este documento: **21/04/2015**

# BETAPAIN

## Super Therm®



CONTRIBUCIÓN POR CATEGORÍA LEED®:

### Categoría SITIOS SUSTENTABLES

#### PRERREQUISITOS Y CRÉDITOS APLICABLES

55 Crédito 2: Plan de Gestión del Exterior del Edificio y Pavimentos

Sistema de Certificación Aplicable: EBOM

#### PUNTOS POSIBLES




1 Pt.




#### CONTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO

Los revestimientos aplicados en el exterior del edificio contribuyen en este crédito cuando tienen un contenido de VOC (g/L menos agua) menor al límite de VOC establecido en el estándar Green Seal GS-11, definido en este crédito como umbral de cumplimiento.

Los productos listados a continuación contribuyen a la obtención de puntos para este crédito, ya que tienen un contenido de VOC menor al establecido en el estándar Green Seal GS-11 para recubrimientos de exterior.

Producto	VOC (g/L)	Categoría	Estándar	Límite VOC (g/L)
Super Therm	67,2 g/L	Revestimiento de exterior opaco	Green Seal GS-11	100

-  Categoría Sitios Sustentables
-  Categoría Eficiencia en el Uso del Agua
-  Categoría Eficiencia Energética

-  Categoría Materiales y Recursos
-  Categoría Calidad del Ambiente Interior
-  Categoría Innovación en el Diseño

1. La información contenida en este documento corresponde a la validación de los antecedentes entregados por la empresa, en base a la revisión de los estándares asociados a los sistemas de Certificación LEED mencionados en este documento. Este documento no constituye una certificación del producto, ni garantiza el cumplimiento de la normativa local vigente.

2. Las conclusiones de este estudio se aplican solamente a los productos mencionados en este informe y está sujeto a la invariabilidad de las condiciones técnicas del producto, y a la invariabilidad de los requerimientos abordados por la certificación LEED V3, 2009 Edition.

De no existir variaciones asociadas a lo anterior, la validez del estudio será de **1 año** a partir de la fecha de emisión de este documento: **21/04/2015**



# BETAPAINT

## Super Therm®



### CONTRIBUCIÓN POR CATEGORÍA LEED®:

#### Categoría SITIOS SUSTENTABLES

#### PRERREQUISITOS Y CRÉDITOS APLICABLES

**55 Crédito 7.2: Efecto Isla de Calor, Nivel Techos**  
 Sistema de Certificación Aplicable: NC, CS, Schools, EBOM  
**55 Crédito 1 – vía 5: Efecto Isla de Calor, Nivel Techos\***  
 Sistema de Certificación Aplicable: CI

#### PUNTOS POSIBLES

1 Pt.  
 1 Pt.

#### CONTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO

Los productos y materiales contribuyen en este crédito cuando poseen un Índice de Reflectancia Solar (SRI) mayor a:

Tipo de Cubierta	Pendiente	Índice de Reflectancia Solar SRI Requerido (min.)
Cubierta de pendiente baja	≤ 2:12	78
Cubierta de pendiente alta	> 2:12	29

El producto Super Therm, utilizado en cubiertas, contribuye en este crédito ya que posee un SRI mayor al establecido en ambas pendientes.

Producto	Índice de Reflectancia Solar SRI
Super Therm	91,9

Los productos para cubierta exterior que contribuyen en este crédito podrán aportar 1 punto (de un total de 1 punto) para la obtención de la certificación LEED®, siempre que el edificio especifique la instalación de estos productos en al menos un 75% de la superficie total del techo.

\* El proyecto que busque obtener la certificación LEED® de Interiores Comerciales, puede optar a ganar un punto en este crédito siempre cuando se localice en un edificio que tenga 1 o más de las características que el requisito estipula, al momento de ocuparlo. Estas características se traducen en 12 vías de cumplimiento y cada una de estas puede ser alcanzada a través de la satisfacción de los requisitos correspondientes a LEED® 2009 para el crédito Nuevas Construcciones.

- Categoría Sitios Sustentables
- Categoría Eficiencia en el Uso del Agua
- Categoría Eficiencia Energética

- Categoría Materiales y Recursos
- Categoría Calidad del Ambiente Interior
- Categoría Innovación en el Diseño

1. La información contenida en este documento corresponde a la validación de los antecedentes entregados por la empresa, en base a la revisión de los estándares asociados a los sistemas de Certificación LEED mencionados en este documento. Este documento no constituye una certificación del producto, ni garantiza el cumplimiento de la normativa local vigente.

2. Las conclusiones de este estudio se aplican solamente a los productos mencionados en este informe y está sujeto a la invariabilidad de las condiciones técnicas del producto, y a la invariabilidad de los requerimientos abordados por la certificación LEED V3, 2009 Edition.

De no existir variaciones asociadas a lo anterior, la validez del estudio será de **1 año** a partir de la fecha de emisión de este documento: **21/04/2015**



# BETAPAIN

## Super Therm®



### CONTRIBUCIÓN POR CATEGORÍA LEED®:

#### Categoría ENERGÍA Y ATMOSFERA

#### PRERREQUISITOS Y CRÉDITOS APLICABLES

#### PUNTOS POSIBLES

##### EA Prerrequisito 2: Rendimiento energético Mínimo

Req.

Sistema de Certificación Aplicable: NC, CS, Schools, EBOM, CI

##### EA Crédito 1: Optimización del Rendimiento Energético

NC, Schools, EBOM: 1 a 19 Pt.

Sistema de Certificación Aplicable: NC, CS, Schools, EBOM

CS: 3 a 21 Pt.

#### CONTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO

El producto SuperTherm contribuye en el prerrequisito y crédito, por una parte debido a su alta reflectividad, cuantificada en su valor SRI de 91,9, indicador que es recogido por la simulación que se establece realizar de acuerdo al estándar 90.1-2007 de ANSI/ASHRAE/IESNA definido por la certificación LEED®, para determinar los ahorros del proyecto.

Por otro lado, el producto puede contribuir a la eficiencia energética dado su potencial aporte en la resistencia térmica de la envolvente, donde el estándar 90.1-2007 de ANSI/ASHRAE/IESNA definido por la Certificación LEED para la evaluación de Eficiencia Energética de un proyecto, requiere realizar la simulación con los respectivos valores de conductividad de cada material parte de la envolvente. En particular se obtuvieron los siguientes resultados de Resistencia Térmica con y sin la aplicación de SuperTherm sobre un panel de Fibra de Vidrio en test realizado por VTEC Laboratories Inc. Nov 2012, número reporte NCTL-110-15582-2 bajo la Norma ASTM C1363-97.

Producto	Índice de Reflectancia Solar SRI
Super Therm	91,9

Producto	SuperTherm	
Número de Reporte	Especificaciones	Valor U (W/m <sup>2</sup> *K)
NCTL-110-15582-2 20 Nov 2012	Sist 1: 3" Fibra de Vidrio sin pintura	1,8
	Sist. 2: 3" Fibra de Vidrio con 10 mil (0,01 pulgada) pintura SuperTherm al interior	1,5

- Categoría Sitios Sustentables
- Categoría Eficiencia en el Uso del Agua
- Categoría Eficiencia Energética

- Categoría Materiales y Recursos
- Categoría Calidad del Ambiente Interior
- Categoría Innovación en el Diseño

1. La información contenida en este documento corresponde a la validación de los antecedentes entregados por la empresa, en base a la revisión de los estándares asociados a los sistemas de Certificación LEED mencionados en este documento. Este documento no constituye una certificación del producto, ni garantiza el cumplimiento de la normativa local vigente.

2. Las conclusiones de este estudio se aplican solamente a los productos mencionados en este informe y está sujeto a la invariabilidad de las condiciones técnicas del producto, y a la invariabilidad de los requerimientos abordados por la certificación LEED V3, 2009 Edition.

De no existir variaciones asociadas a lo anterior, la validez del estudio será de **1 año** a partir de la fecha de emisión de este documento: **21/04/2015**



**BETAPAINT****Super Therm®**

## CONTRIBUCIÓN POR CATEGORÍA LEED®:



Categoría

**MATERIALES Y RECURSOS**

## PRERREQUISITOS Y CRÉDITOS APLICABLES

PUNTOS POSIBLES

MR Crédito 3: Compras Sustentables, Modificaciones y Adiciones a las Instalaciones

1 Pt.

Sistema de Certificación Aplicable: EBOM

## CONTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO

Los productos y materiales instalados permanentemente en la obra, contribuyen al cumplimiento de este crédito cuando poseen al menos un atributo considerado "compras sustentables" del proyecto.

El crédito determina como atributo sustentable la compra de pinturas y revestimientos de exterior que tengan un contenido de VOC (gramos/litros menos agua) menor al límite definido por el estándar Green Seal GS-11.

El producto Super Therm contribuye a la obtención de este crédito, ya que tiene un contenido de VOC menor al establecido por el estándar Green Seal GS-11.

Producto	VOC (g/L)	Categoría	Estándar	Límite VOC (g/L)
Super Therm	67,2	Revestimiento exterior opaco	Green Seal GS-11	100

El edificio podrá obtener el punto si realiza al menos un 50% de compras sustentables en relación al total de las compras (por costo) realizada durante el periodo de evaluación del edificio.



Categoría Sitios Sustentables

Categoría Eficiencia en el Uso del

Agua Categoría Eficiencia Energética



Categoría Materiales y Recursos

Categoría Calidad del Ambiente Interior

Categoría Innovación en el Diseño

1. La información contenida en este documento corresponde a la validación de los antecedentes entregados por la empresa, en base a la revisión de los estándares asociados a los sistemas de Certificación LEED mencionados en este documento. Este documento no constituye una certificación del producto, ni garantiza el cumplimiento de la normativa local vigente.

2. Las conclusiones de este estudio se aplican solamente a los productos mencionados en este informe y está sujeto a la invariabilidad de las condiciones técnicas del producto, y a la invariabilidad de los requerimientos abordados por la certificación LEED V3, 2009 Edition.

De no existir variaciones asociadas a lo anterior, la validez del estudio será de **1 año** a partir de la fecha de emisión de este documento: **21/04/2015**



# BETAPAINT

## Super Therm®



CONTRIBUCIÓN POR CATEGORÍA LEED®:

Categoría

**CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR****PRERREQUISITOS Y CRÉDITOS APLICABLES****IEQ Crédito 9: Rendimiento Acústico Avanzado**

Sistema de Certificación Aplicable: Schools

**PUNTOS POSIBLES****1 Pt.****CONTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO**

Para contribuir en este crédito, el envolvente del edificio y las particiones de las salas de clases y de otros espacios de aprendizaje deben tener un SCT (Sound Transmission Class / Clase de Transmisión de Sonido) establecido en el estándar ANSI S12,60-2002 *Acoustical Performance Criteria, Design Requirements and Guidelines for Schools*.

**El producto Super Therm contribuye a la obtención de este crédito, ya que la clasificación SCT es de 38.**

Una medición de STC debe ser determinada por cada sistema de muro, piso y cielo falso que pueda afectar los niveles de ruido interior de un espacio de aprendizaje. Para calcular las clasificaciones de SCT para los diferentes sistemas, se deben emplear la metodología descrita en la sección D2.4 de ANSI S12,60-2002. Los requisitos de SCT son los siguientes:

Tipo de Espacio Adyacente	Clasificación SCT Mínima
Otras Salas de Clases	50
Exteriores	50
Baños	53
Pasillos	45
Oficinas, Salas de Conferencia	45
Salas de Música	60
Salas de Equipamientos Mecánicos	60
Cafeterías, Gimnasios, Piscinas	60

- Categoría Sitios Sustentables
- Categoría Eficiencia en el Uso del Agua
- Categoría Eficiencia Energética

- Categoría Materiales y Recursos
- Categoría Calidad del Ambiente Interior
- Categoría Innovación en el Diseño

1. La información contenida en este documento corresponde a la validación de los antecedentes entregados por la empresa, en base a la revisión de los estándares asociados a los sistemas de Certificación LEED mencionados en este documento. Este documento no constituye una certificación del producto, ni garantiza el cumplimiento de la normativa local vigente.

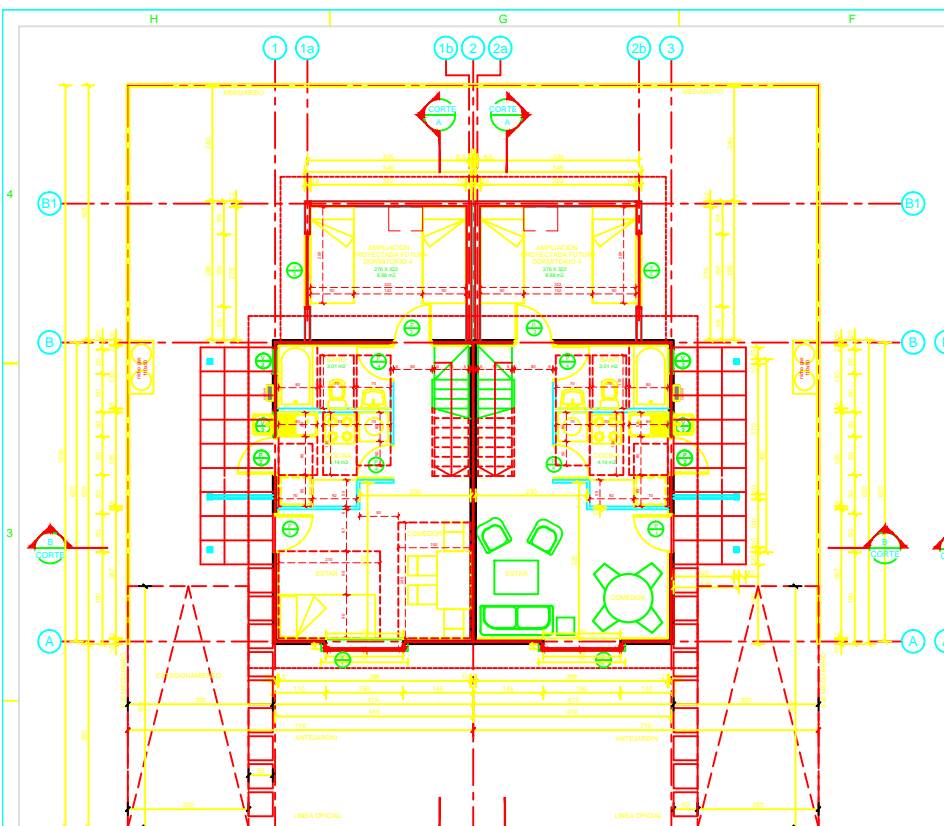
2. Las conclusiones de este estudio se aplican solamente a los productos mencionados en este informe y está sujeto a la invariabilidad de las condiciones técnicas del producto, y a la invariabilidad de los requerimientos abordados por la certificación LEED V3, 2009 Edition.

De no existir variaciones asociadas a lo anterior, la validez del estudio será de **1 año** a partir de la fecha de emisión de este documento: **21/04/2015**

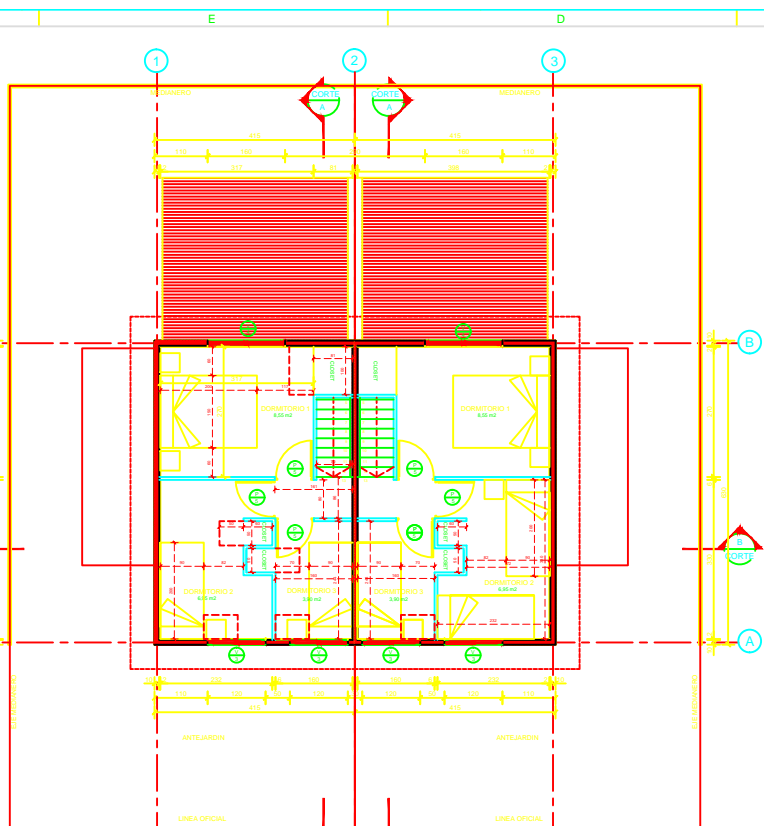


## **Anexo B: Planos Vivienda modelada.**

NOTA:  
LA CASA SE CONSTRUIRA EN UNA PRIMERA ETAPA  
COMO OBRAS BASICAS EN LA AMPLIACION  
Y EN UNA ETAPA POSTERIOR FUTURA SE CONSTRUIRA  
LA AMPLIACION INDICADA EN LA PLANTA.

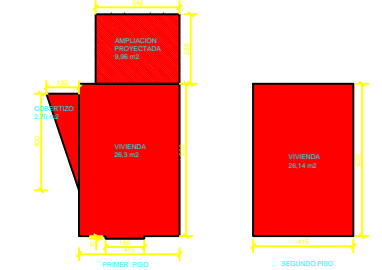


PLANTA PRIMER PISO  
ESCALA : 1 : 50

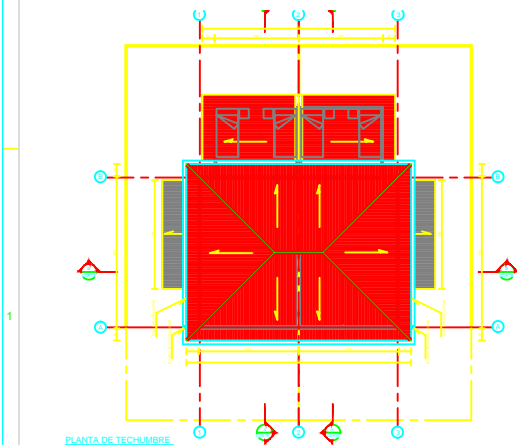


PLANTA SEGUNDO PISO  
ESCALA : 1 : 50

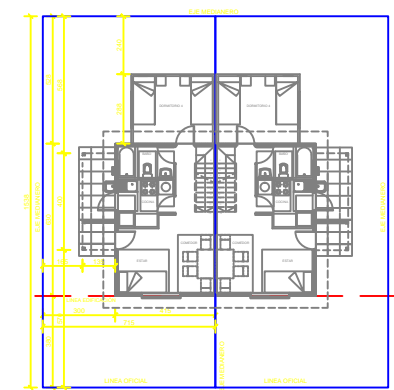
POLIGONO DE SUPERFICIES ART. 5.1.11 O.G.U.C.



CUADRO DE SUPERFICIES ART. 5.1.11. O.G.U.C.	
SUPERFICIE EDIFICADA PRIMER NIVEL ETAPA INICIAL	23,00 m <sup>2</sup>
SUPERFICIE EDIFICADA SEGUNDO NIVEL ETAPA INICIAL	26,14 m <sup>2</sup>
SUPERFICIE EDIFICADA TOTAL ETAPA INICIAL	65,14 m <sup>2</sup>
SUPERFICIE AMPLIACION PROYECTADA A EJECUTARSE EN ETAPA FUTURA	9,96 m <sup>2</sup>
SUPERFICIE EDIFICADA TOTAL ETAPA INICIAL Y ETAPA FUTURA	65,10 m <sup>2</sup>



PLANTA DE TECHUMBRE  
ESCALA : 1 : 100



ESQUEMA DE DESLINDES  
ESCALA : 1 : 100

TIMBRE MUNICIPAL

**ANTEPROYECTO DE EDIFICACION EL GOMERO CASA PAREADA 55, 14MT2**  
(Ampliable a 65,10 mt2).

DIRECCION : CALLE BALMACEDA Nº3040  
COMUNA : ISLA DE MAIPO, LA ISLITA

FECHA : JUNIO 2014

ARQUITECTOS

**FRANCISCO VERGARA**  
Arquitectos Asociados  
Ejercicio Plazo Expirado 1984 C.O. P. Inhabilitado. Sucesión. Poder: 27516131 - comarcar@arquitectos.cl

FRANCISCO VERGARA ARTIBER  
RUT: 13.234.980-5

PROPIETARIO

SOCIEDAD AGRICOLA EL GOMERO LIMITADA  
Rut: 87.848.000-7

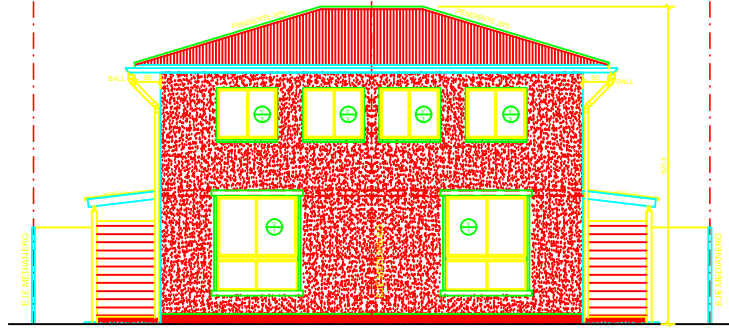
Representante legal  
RODOLFO ERRAZURIZ  
RUT: 4.600.078-1

CONTENIDO

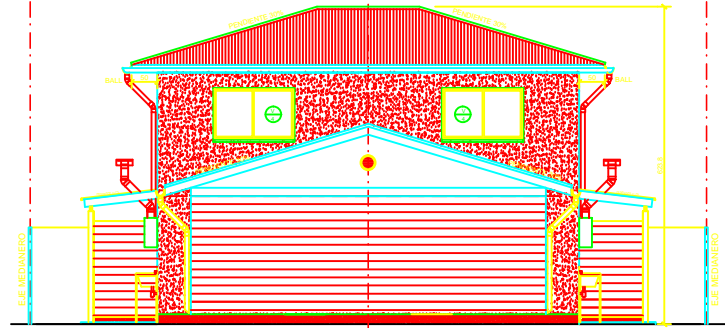
ANTEPROYECTO DE EDIFICACION  
CASA PAREADA 55, 14 MT2

ESCALA	Indicadas	LAMINA
FECHA	JUN 2014	<b>A-1</b>
ARQUITECTO AC	F.V.A.	
DIBUJO	P.M.L.	
REVISO	F.V.A.	
ARCHIVO		

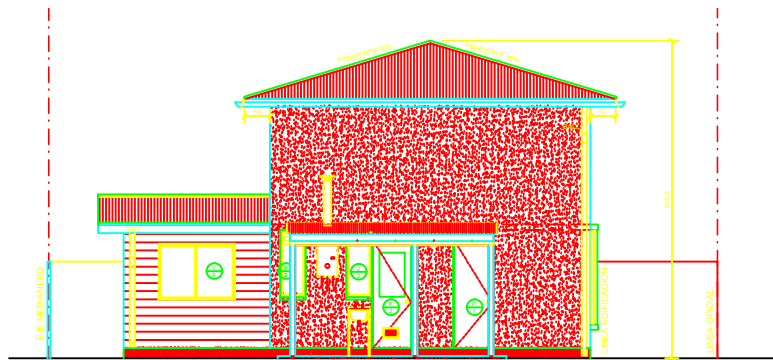




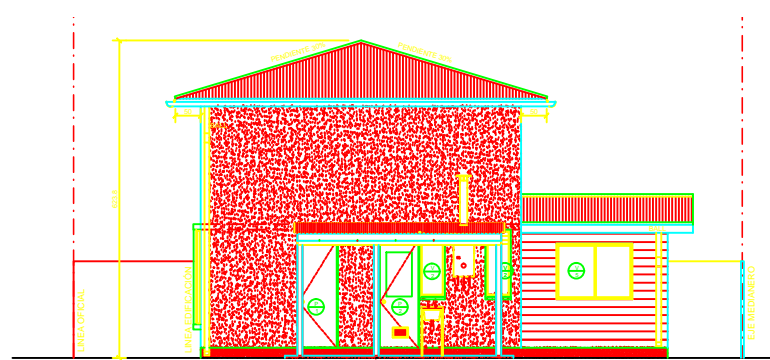
**ELEVACION FRONTAL**  
ESCALA : 1 : 50



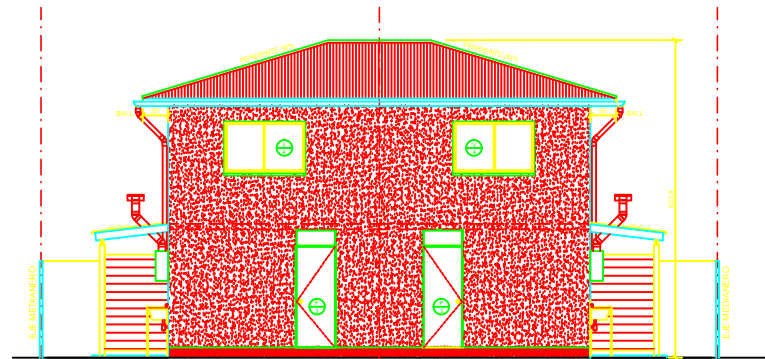
**ELEVACION POSTERIOR**  
ESCALA : 1 : 50



**ELEVACION LATERAL**  
ESCALA : 1 : 50



**ELEVACION LATERAL**  
ESCALA : 1 : 50



**ELEVACION POSTERIOR SIN AMPLIACIÓN**  
ESCALA : 1 : 75

TIMBRE MUNICIPAL		
<b>ANTEPROYECTO DE EDIFICACION EL GOMERO</b> CASA PAREADA 55,14MT2 (Ampliable a 65,10 mt2).		
DIRECCION : CALLE BALMADEDA Nº3040 COMUNA : ISLA DE MAIPO, LA ISLITA		
FECHA : JUNIO 2014		
ARQUITECTOS		
 <b>FRANCISCO VERGARA</b> Arquitectos Asociados <small>Estación Plaza Independencia 138 22 F. Independencia, Santiago          Fono: 87594117 - correo: info@franciscovergara.cl</small>		
FRANCISCO VERGARA ARTHUR RUT: 13.254.580-9		
PROPIETARIO		
SOCIEDAD AGRICOLA EL GOMERO LIMITADA Rut: 87.848.000-7		
Representante legal RODOLFO ERRAZURIZ RUT: 4.600.078-1		
CONTENIDO		
<b>ANTEPROYECTO DE EDIFICACION</b> CASA PAREADA 55,14 MT2		
ESCALA	Indicadas	<b>LAMINA</b>  <b>A-2</b>
FECHA	JUN 2014	
ARQUITECTO A/C	F.V.A.	
DIBUJO	P.M.L.	
REVISO	F.V.A.	
ARCHIVO		